

[DOCUMENT] PATENT APPLICATION

[DOCKET NUMBER] POS54390

[FILING DATE] October 17, 1995

[SUBMITTED TO] Mr. Hisamitsu ARAI

Commissioner of the Japanese Patent Office

[INTERNATIONAL CLASSIFICATION] G02F 1/136 510

G02F 1/136 500

[TITLE OF THE INVENTION]

REFLECTIVE COLOR LIQUID CRYSTAL DEVICE

[NUMBER OF CLAIMS] 8

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

OKUMURA, Osamu

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

OKAMOTO, Eiji

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

MAEDA, Tsuyoshi

[APPLICANT]

[ID NUMBER] 000002369

[NAME] Seiko-Epson Corporation

[REPRESENTATIVE] YASUKAWA, Hideaki

[AGENT]

[ID NUMBER] 100093388

[PATENT AGENT]

[NAME] SUZUKI, Kisaburo

[CONTACT] 3348-8531 EXT. 2610-2615

[ASSIGNED AGENT]

[ID NUMBER] 100095728

[PATENT AGENT]

[NAME] [KAMI/UE/UWA] YANAGI, Masayo

[PAYMENT OF FEE]

[PAYMENT METHOD] Prepayment

[PREPAYMENT LEDGER NO.] 013044

[AMOUNT PAID] 21,000 yen

[LIST OF DOCUMENTS]

[DOCUMENT] Specification 1

[DOCUMENT] Drawings 1

[DOCUMENT] Abstract 1

[POWER OF ATTORNEY NO.] 9005917

[PROOF REQUIREMENT] Required

[Document] Specification

[Title of the Invention] Reflective-Type Color Liquid Crystal Device

[What Is Claimed Is]

[Claim 1] A reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that said color filters are provided only in a part of the light-controllable area within each dot.

[Claim 2] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said color filters are provided in the center of the light-controllable area within each dot at a distance from the color filters of other dots.

[Claim 3] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1 or 2, characterized in that said color filters are provided in the light-controllable area within each dot and are divided into at least two areas.

[Claim 4] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1 through Claim 3, characterized in that said color filters are provided in a position between said electrode and liquid crystal.

[Claim 5] A reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that said color filters are provided only in two thirds of the overall number of dots or less.

[Claim 6] A reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that the thickness of said color filters is 0.23 μm or less.

[Claim 7] A reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, three colors of color filters, being red, green, and blue, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that at least either of said blue system or red system color filter is a cyan or orange color filter.

[Claim 8] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1 through Claim 7, characterized in that the substrate on the far side from the reflector among said pair of substrates is provided with a MIM element or a TFT element.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

The present invention relates to a reflective liquid crystal device.

[0002]

[Prior Art]

The displays mounted on small-scale portable information terminals such as a PDA (Personal Digital Assistant) at present are almost all monochrome reflective STN (Super Twisted Nematic) liquid crystal. The need for a color display also is high, but in a conventional transmissive liquid crystal device, which requires a backlight, the power consumption is great, and it is not oriented toward portability. Accordingly, a liquid crystal device capable of color display using a reflective liquid crystal is strongly expected.

[0003]

The development of a reflective color liquid crystal device was begun in earnest from the mid-1980s. Before then, it was thought that with any type of liquid crystal mode, such as in Japanese Laid-Open Patent No. 50-80799, whether transmissive or reflective, color display was only possible by providing a primary color filter to it. Nevertheless, a transmissive color liquid crystal device does not function as a reflective color liquid crystal device by only providing a reflector. The number-one question is how to assure a practical brightness.

[0004]

The widely-used TN (Twisted Nematic) and STN modes make at least half of the light useless because a polarizing plate is necessary. In an article by Mr. Tatsuo Uchida, et al. (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211 (1986)), a comparison of various types of liquid crystal devices was performed as shown in its Fig. 2, and as a result, the PCGH (Phase Change Guest Host) mode, which does not require a

polarizing plate, was selected. Also, in Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143 as well, the PDLC (Polymer Distribution Liquid Crystal) mode, which does not require a polarizing plate, was selected in order to implement a reflective color liquid crystal device. Thus, the conventional belief was that a liquid crystal display mode using a polarizing plate was not suitable for a reflective color liquid crystal device.

[0005]

When thinking of improving brightness, the important viewpoint in addition to the liquid crystal display mode is the color design of the color filters. Conventionally, the color filters used in a transmissive color liquid crystal device had spectral properties as shown in Fig. 17. In Fig. 17, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of a red filter, 22 is the spectrum of a green filter, and 23 is the spectrum of a blue filter. While there may be individual differences, the light capable of being sensed by a human is within the wavelength range of 380nm to 780nm, and the visual sensitivity is high within the wavelength range of 450nm to 660nm in particular. Thus, if the average transmissivity is defined as the simple average of the transmissivity within this wavelength range, the average transmissivity of the red filter was 28%, that of the green filter was 33%, and that of the blue filter was 30%. Brighter filters are necessary for use in a reflective color liquid crystal device.

[0006]

Regarding the color filters proposed in Fig. 8 of the aforementioned article by Mr. Tatsuo Uchida, et al., two colors being in a mutually complementary relationship were used, and efforts were made so that they would become brighter than three colors. Their spectral properties are shown in Fig. 18. In Fig. 18, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 22 is the spectrum of a green filter, and 26 is the spectrum of a magenta filter. Comparison is difficult since the vertical axis is represented by reflectivity, but if the transmissivity is presumed simply to be square root of the reflectivity at each wavelength, then the average transmissivity of the green filter was 41%, and that of the magenta filter was 48%.

[0007]

Also, an article by Mr. Seiichi Mitsui, et al. (SID 92 DIGEST, pp. 437-440 (1992)) related to a reflective color liquid crystal device having used the same PCGH mode, but they used two

bright color filters as shown in Fig. 2. Their spectral properties are shown in Fig. 19. In Fig. 19, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 22 is the spectrum of a green filter, and 26 is the spectrum of a magenta filter. The vertical axis is represented by reflectivity, but if the transmissivity is presumed similarly to be square root of the reflectivity at each wavelength, then the average transmissivity of the green filter was 68%, and that of the magenta filter was 67%.

[0008]

Also, regarding the color filters proposed in Figs. 2(a), (b), and (c) of Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143, the three colors, yellow, cyan, and magenta, were used rather than the three colors, red, green, and blue. Their spectral properties are shown in Fig. 20. In Fig. 20, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 24 is the spectrum of a yellow filter, 25 is the spectrum of the cyan filter, and 26 is the spectrum of a magenta filter. Comparison is difficult since the vertical axis is represented by reflectivity, and because there are no graduations on the axis. However, having estimated roughly the average transmissivity by considering the maximum value of the reflectivity to be the highest position at 100%, and simply presuming the transmissivity to be square root of the reflectivity at each wavelength, then the yellow filter was about 70%, the cyan filter was about 60%, and the magenta filter was about 50%.

[0009]

Thus, a conventional reflective color liquid crystal device was implemented by combining a bright liquid crystal mode not using a polarization plate and bright color filters. However, despite being called bright color filters, color filters having an average transmissivity lower than 70% within the wavelength range of 450nm to 660nm were used.

[0010]

[Problems the Invention Tries to Solve]

Nevertheless, because a conventional reflective color liquid crystal device did not use a polarization plate, there was a problem that a high contrast could not be obtained, and as a result, color reproduction was poor. For example, in the article by Mr. Tatsuo Uchida, et al., it is understood from page 128, right column, line 19 that the designed value of the contrast ratio is 1:5. Also, in the aforementioned article by Mr. Seiichi Mitsui, et al., it is understood from page 439, line 22 that the

contrast ratio was only 1:3. Since the contrast ratio of a conventional transmissive color liquid crystal device is 1:100 or more, a contrast ratio of 1:3 or 1:5 or less cannot compare. Also, whether the liquid crystal mode not using a polarizing plate is the PCGH mode or the PDLC mode, there are numerous problems in manufacturing and in the securing of reliability, and there is the big problem that it cannot be said to have been put to practical use yet.

[0011]

Thus, the present invention aims to provide a reflective color liquid crystal device that is bright and has a high contrast ratio.

[0012]

[Means to Achieve the Object]

The invention as defined in Claim 1 is a reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that said color filters are provided only in a part of the light-controllable area within each dot.

[0013]

It is desirable that said color filters be provided in 50% or less, preferably 45% or less, more preferably 40% or less, most preferably 35% or less, moreover 15% or more, preferably 25% or more of the surface area of the light-controllable area within each dot. Also, it is desirable that the average transmissivity for the light in the wavelength range of 450nm to 660nm be 70% or more, preferably 75% or more, moreover 90% or less. Also, it is desirable that the color filters not be provided in the areas not light-controllable within each dot, but there is no obstacle to their being provided in a position that blocks reflections due to the metallic, wiring and the like. Also, this is related to the invention as defined in Claim 5, explained later, but when three colors of color filters, being a red system, green system, and blue system, are provided, it is desirable that the surface of the blue system and red system color filters be made less in comparison with the green system.

[0014]

The term "dot" used here is defined in the Electronic Industry Association of Japan (EIAJ) standard, ED-2511A, as "the

element which forms each pixel," and that "pixel" is defined as "the minimum display unit that can realize the necessary function of a display in a matrix display. As an example, in a color display by vertical RGB stripes, a total of three dots, being a succession of one dot each of RGB is one pixel." Also, "light-controllable area" indicates the area within the "dots" defined by the above-mentioned standard, whereby voltage can be applied to the liquid crystal sandwiched between the upper and lower electrodes, moreover the light is not obstructed by a black mask or metallic wiring, or the like.

The invention as defined in Claim 2 is characterized in that said color filters are provided in the center of the light-controllable area within each dot at a distance from the color filters of other dots. In other words, it is characterized in that there is an area in the periphery of each color filter wherein the light is transmitted without any particular color being absorbed.

[0015]

The invention as defined in Claim 3 is characterized in that said color filters are provided in the light-controllable area within each dot and are divided into at least two areas. The two areas may have points in contact with each other, for example, in a checkered pattern.

[0016]

The invention as defined in Claim 4 is characterized in that said color filters are provided in a position between said electrode and liquid crystal.

[0017]

The invention as defined in Claim 5 is a reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that said color filters are provided only in two thirds of the overall number of dots or less.

[0018]

The invention as defined in Claim 6 is a reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in

that the thickness of said color filters is $0.23\mu\text{m}$ or less, preferably $0.18\mu\text{m}$ or less, more preferably $0.08\mu\text{m}$ or more.

[0019]

The invention as defined in Claim 7 is a reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, three colors of color filters, being red, green, and blue, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that at least either of said blue system or red system color filter is a cyan or orange color filter.

[0020]

Said cyan color filter is characterized in that it has a transmissivity of 70% or more, desirably 75% or more, for the light in at least the wavelength range of 450nm to 520nm.

[0021]

Also, said orange color filter is characterized in that it has a transmissivity of 70% or more, desirably 75% or more, for the light in at least the wavelength range of 570nm to 660nm.

Also, said green color filter is characterized in that it has a transmissivity of 70% or more only for the light in the wavelength range of 510nm to 590nm, being a green having a comparatively high color purity.

[0022]

The invention as defined in Claim 8 is characterized in that the substrate on the far side from the reflector among said pair of substrates is provided with a MIM element or a TFT element. Also, it is characterized in that, in particular, the substrate on the side near the reflector is thinner in relation to the substrate on the other side.

[0023]

[Description of the Preferred Embodiments]

The reflective color liquid crystal device of the present invention has assured a high contrast by selecting a liquid crystal display mode using a polarizing plate, and has combined color filters that are more impressively bright than the conventional.

[0024]

There are many liquid crystal display modes using a polarizing plate, but for the purpose of the present invention, a liquid crystal mode capable of bright black-and-white display is suitable, such as the TN mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 51-013666, the retardation plate compensated STN mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 3-50249, the single polarizing plate nematic liquid crystal mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 3-223715, the nematic liquid crystal mode that performs bistable switching proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 6-235920, and the single polarizing plate hybrid oriented nematic liquid crystal mode published in Lecture No. 3A19 of the 21st Liquid Crystal Forum (1995). Among these, the TN mode is particularly superior from the point that a bright high contrast can be obtained. However, on the other hand, the spike characteristic of the voltage transmissivity properties is poor, and there is also the deficiency that expensive MIM elements and TFT elements are required for each dot. In order to be driven by a cheap simple matrix method, a liquid crystal mode other than the TN mode is more suitable, for example, the retardation plate compensated STN mode, or the like.

[0025]

Also, there are two means for obtaining a bright color filter. The first method is a method of making the color of the color filter thinner and lighter, for example, a method that makes a red color filter pink. This can be realized by making the filter itself thinner than normally, and by decreasing the dye content. Nevertheless, in the case of a dye distributed color filter as is normally used, the degradation of the distribution becomes prominent as the dye is reduced, and it tends to become spotty. Thus, a method of making the average color thinner and lighter by providing the color filer on only a part of the dot is effective. The second method is a method that widens the wavelength range of the light transmitted by the color filter, for example, a method that makes a red filter orange.

[0026]

The present invention is explained in detail below based on the drawings.

[0027]

(Embodiment 1)

Fig. 1 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the

invention as defined in Claim 1 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 4 is an element substrate, 3 is liquid crystal, 2 is an opposing substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided opposing electrode (scan line) 8 and color filters 7, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11. Here, 1 and 4, 2 and 5, and 5 and 6 are depicted as separated, but this is in order to clarify the drawing, and in actuality they are adhered with glue. Also, the interval between opposing substrate 2 and element substrate 4 is depicted as widely separated, but this is for the same reason, and in actuality there is only a gap of as little as several μm to $10\mu\text{m}$ or so. Also, because Fig. 1 shows the essential components of a reflective color liquid crystal device, only $3 \times 3 = 9$ pixels are shown, but actually there are $640 \times 960 = 614400$ dots formed in one panel. Also, the light-controllable area in one dot is an area in which a depression-shaped ITO on the element substrate overlaps with a bar-shaped ITO on the opposing substrate, and that outline is shown with a broken line on the ITO of the opposing substrate. (Although a part is overlaid by the color filters, please refer to Fig. 6, which shows the same outline.)

Opposing substrate 8 and pixel electrode are composed of transparent ITO, and signal line 9 is composed of metallic Ta. MIM element [11] is of a structure having sandwiched Ta_2O_5 with metallic Ta and metallic Cr. Liquid crystal 3 is a nematic liquid crystal twisted 90° , and the Δn and cell gap d of the liquid crystal cells was selected such that the $\Delta n \times d$ of the liquid crystal cells becomes $1.34\mu\text{m}$. Also, the upper and lower polarizing plates were arranged such that their absorption axes become parallel with the rubbing axis of the adjacent substrate. This is the configuration of the TN mode being the brightest and having the least coloration. Also, color filters 7 consist of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, but they are provided only in a part of the light-controllable area.

[0028]

Fig. 2 is a drawing showing the spectral properties of color filters 7. In Fig. 2, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of a red filter, and 25 is the spectrum of a cyan filter. Spectroscopy was performed using a microspectrometer on the opposing substrate group, and the transmissivity of the glass substrate and transparent electrode was corrected to 100%. Hereafter, the spectral properties of the color filters are all measured by this method. The average transmissivity, having

simply averaged the transmissivity in the 450nm to 660nm wavelength range, was 30% for the red filter, and 58% for the cyan filter. However, this is when the color filters are provided on the entire surface, but when they are provided only on a part, the average value in the light-controllable area shall be called the average transmissivity.

[0029]

Fig. 3 is the results having sought the average transmissivity by variously changing the percentages of the areas providing the color filters within the light-controllable area. 71 is the average transmissivity in dots providing the red filter, and 72 is the average transmissivity in the dots providing the cyan filter.

[0030]

When the surface area ratio of the color filters was 100%, that is, when the color filters were provided on the entire surface, the displays were dark such that they could not be discriminated unless under direct sunlight outdoors or unless special illumination was performed with such as a spotlight. When the surface area ratio of the color filters was 45% or less, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 70% or more, a brightness was obtained being comfortable to use in a comparatively bright room of about 1000 lux brightness, for example, in an environment such as an office desk illuminated by a fluorescent lamp stand. When the surface area ratio of the color filters was 35% or less, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 75% or more, a brightness was obtained being sufficient for use even under the ordinary room illumination of about 200 lux. Also, when the surface area ratio of the color filters was 15% or more, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 90% or less, a display was possible such that the red and the cyan could be discriminated. When the surface area ratio of the color filters was 25% or more, that is, when the average transmissivity was also 90% or less, a display was possible such that the colors could be recognized clearly. Also, when all the color filters were provided, a high contrast ratio of 1:15 could be obtained.

[0031]

The color filters used in Embodiment 1, excluding the dots using the cyan color, are ordinary color filters used in transmissive types, and they are of the same extent of spectral properties and the same extent of brightness. For such color filters, it is desirable that they be provided on 45% or less of the light-controllable area, preferably 35% or less, moreover,

that they be provided on 15% or more, preferably 25% or more of the area.

[0032]

In Embodiment 1, MIM elements were used as the active elements, but this was because they are rather useful in increasing the aperture, but if the aperture is the same, there is no change in the effect of the present invention even when using TFT elements.

[0033]

(Embodiment 2)

Embodiment 2 is a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 1 of the present invention. Its structure is identical to the reflective color liquid crystal device of Embodiment 1 shown in Fig. 1, but the properties of the color filters are different.

[0034]

Fig. 4 is a drawing showing the spectral properties of the color filters used in Embodiment 2. In Fig. 2, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of the red filter, and 25 is the spectrum of the cyan filter. For color filters that can be fabricated according to conventional processes without the problems of dye distribution, and the like, this extent of brightness is the maximum.

[0035]

Fig. 5 is the results having sought the average transmissivity by variously changing the percentages of the areas providing the color filters within the light-controllable area. 73 is the average transmissivity in dots providing the red filter, and 74 is the average transmissivity in the dots providing the cyan filter.

[0036]

When the surface area ratio of the color filters was 100%, that is, when the color filters were provided on the entire surface, the displays were dark and were difficult to see unless under direct sunlight outdoors or unless special illumination was performed with such as a spotlight. When the surface area ratio of the color filters was 45% or less, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 70% or more, a

brightness was obtained being comfortable to use in a comparatively bright room of about 1000 lux brightness, for example, in an environment such as an office desk illuminated by a fluorescent lamp stand. When the surface area ratio of the color filters was 35% or less, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 75% or more, a brightness was obtained being sufficient for use even under the ordinary room illumination of about 200 lux. Also, when the surface area ratio of the color filters was 15% or more, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 90% or less, a display was possible such that the red and the cyan could be discriminated. When the surface area ratio of the color filters was 25% or more, that is, when the average transmissivity was also 90% or less, a display was possible such that the colors could be recognized clearly. Also, when all the color filters were provided, a high contrast ratio of 1:15 could be obtained.

[0037]

The color filters used in Embodiment 2, excluding the points using the cyan color, are ordinary color filters used in transmissive types, and they are of the same extent of spectral properties and the same extent of brightness. For such color filters, it is desirable that they be provided on 50% or less of the light-variable area, preferably 40% or less, moreover, that they be provided on 15% or more, preferably 25% or more of the area.

[0038]

(Embodiment 3)

Fig. 6 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 2 of the present invention. The structure is explained. 1 is an upper polarizing plate, 4 is an element substrate, 3 is liquid crystal, 2 is an opposing substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided opposing electrode (scan line) 8 and color filters 7, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel element 10, and MIM element 11. Also, the light-controllable area in one dot is an area in which a depression-shaped ITO on the element substrate overlaps with a bar-shaped ITO on the opposing substrate, and that outline is shown with a broken line on the ITO of the opposing substrate.

The color filters 7 are composed of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, and they are provided

substantially in the middle of the light-controllable area. It is desirable that it be arranged such that there are no other color filters in the perimeter of the various color filters. By being arranged in this manner, a display having little color blending is possible. The reason why is that, ordinarily, because there exists a distance of only the thickness of at least the opposing substrate between the color filter layer and the reflective plate, color mixing occurs by the light introduced through the red filter and being emitted through the cyan filter or the reverse, but in the arrangement mentioned above, such a probability is reduced.

[0040]

(Embodiment 4)

Fig. 7 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 3 of the present invention. The configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 4 is an element substrate, 3 is liquid crystal, 2 is an opposing substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided opposing electrode (scan line) 8 and color filters 7, and on element substrate 4 are provided signal line 9, MIM elements 10, and pixel electrode 11.

[0041]

Color filters 7 are composed of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, and they are arranged variously divided in five areas in the middle of the light-controllable area, forming a checkered shape. If the color filters are provided only on a part of the dots, the parts not having the color filters are white and easy to see, but if they are divided into fine areas in this manner, it has the advantage that the color mixing is good. The number of divisions of course may be two, but the effect is greater when being divided into three or more.

[0042]

Also, a black mask ("BK" in the drawing) is provided in a position covering the scan line. This black mask particularly has the effect of preventing reflection when opposing substrate 2 in Fig. 21 is positioned on the upper side and element substrate 4 is positioned on the lower side. Also, even if black dye is not used purposefully, it may be substituted by red, cyan or their combination.

[0043]

(Embodiment 5)

Embodiment 5 is a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 4 of the present invention. However, its structure is identical to the reflective color liquid crystal device of Embodiment 1 shown in Fig. 1, the reflective color liquid crystal device of Embodiment 3 shown in Fig. 6, and the reflective color liquid crystal device of Embodiment 4 shown in Fig. 7.

[0044]

Its characteristics is in the point that the color filters are provided in the positions between the electrodes and the liquid crystal. Generally, color filters are provided in the positions between the electrodes and the substrate in order to apply the voltage effectively to the liquid crystal. However, by arranging them in the manner of the present preferred embodiment, two new effects are obtained. One is the expansion of the visual angle, and another is the improvement of the color purity in the intermediate tones.

[0045]

Fig. 8 is a drawing showing the voltage reflectivity properties of the reflective type color liquid crystal device in Embodiment 5 of the present invention. The horizontal axis is the voltage effectively applied to the liquid crystal, and the vertical axis is the reference reflectivity set to 100% when the voltage is not applied. 81 is the property of the areas not having color filters within the light-controllable areas, and 82 is the property of the areas having the color filters. Because of the voltage effect due to the division of capacity, the sharpness of 82 is worse in the voltage reflectivity properties than 81. In other words, it is harder for the voltage to be applied to the liquid crystal when the areas having the color filters are compared with the areas not having them. Because two areas exist within a single pixel, having different voltage-spending conditions in this manner, the visual angle properties are improved by the effect (generally called the "halftone effect") disclosed in Japanese Laid-Open Patent No. 2-12 and Japanese Laid-Open Patent No. 4-348323. Also, because the areas having the color filters always have a higher reflectivity in the intermediate tone display state, there is also the effect of the colors being displayed richer.

[0046]

(Embodiment 6)

Fig. 9 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 5 of the present invention. The configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 4 is an element substrate, 3 is liquid crystal, 2 is an opposing substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided opposing electrode (scan line) 8 and color filters 7, and on element substrate 4 are provided signal line 9, MIM element 10, and pixel electrode 11.

Color filters 7 are composed of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, but on part of the dots there are not provided color filters. The color filters used here are the same as Embodiment 1, and their spectral properties are shown in Fig. 2.

[0047]

Fig. 10 is a drawing showing the orientation of the color filters in the form viewing Fig. 9 from above. "R" in the drawing shows a dot having a red filter, "C" shows a dot having a cyan filter, and "W" shows a dot having no color filter. On 1/3 of the entirety of dots was provided red filters, on 1/3 of the dots was provided cyan filters, and on the remaining 1/3 of the dots was provided no filters. Also, Fig. 10 (a), (b), (c), and (d) show the distribution of the on dots and off dots when having displayed variously white, red, cyan, and black. The dots having hatching applied are the on dots, that is, the dark state, and the dots not having the hatching applied are the off dots, that is, the bright state. When performing display in this manner, because the color display is performed with 2/3 of the entirety of the dots, a display brighter than usual becomes possible. Also, even when displaying intermediate tones with a color display, if the brightness is adjusted mainly by the dots not having color filters, it has the merit of always being able to display brilliant colors. For example, when displaying dark red, half of the dots having color filters can be turned on with all the dots having red filters turned off and the dots having cyan filters turned on.

[0048]

Another color filter placement is shown in Fig. 11. On 1/4 of the entirety of the dots were placed the red filters, on 1/4 of the dots were placed the cyan filters, and on the remaining

1/2 of the dots were not placed color filters. Also, Fig. 11 (a), (b), (c), and (d) show the distribution of the on dots and off dots when displaying variously white, red, cyan, and black. When performing such displays, because the color display is performed with 3/4 of the entirety of the dots, a display even brighter than the color filter placement of Fig. 35 is possible.

[0049]

As another example, the placement when using three colors of filters, red, green, and blue, is shown in Fig. 12. The "R" in the drawing shows the dots having red filters, "G" shows the dots having green filters, "B" shows the dots having blue filters, and "W" shows the dots not having color filters. On 1/6 of the entirety of the dots were provided the red filters, on 1/6 of the dots were provided the green filters, on 1/6 of the dots were provided the blue filters, and on the remaining 1/2 of the dots were not provided color filters. Also, Fig. 12 (a), (b), (c), and (d) show the distribution of the on dots and off dots when displaying variously white, red, green, and blue. When performing such displays, because the color display is performed with 4/6 of the entirety of the dots, a bright display is possible.

[0050]

(Embodiment 7)

Fig. 13 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 6 of the present invention. The configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 4 is an element substrate, 3 is liquid crystal, 2 is an opposing substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing plate 2 are provided opposing electrode (scan line) 8 and color filters 7, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11. Color filters 7 are of the dye distributed type, and they consist of the three colors, red ("R" in the drawing), green ("C" [sic: "G"] in the drawing), and blue ("B" in the drawing).

[0051]

Fig. 14 is a drawing showing the spectral properties of color filters 7. In Fig. 14, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 91 and 94 show the spectrum of the red filter, 92 and 95 show the spectrum of the green filter, and 93 and 96 show the spectrum of the blue filter. Also, 91 and 94, 92 and 95, and 93 and 96 variously have the same color filter material, but their thicknesses are

different, the former of each being $0.8\mu\text{m}$ and the latter being $0.2\mu\text{m}$. The average transmissivity of the red filters for the light in the 450nm to 660nm wavelength range was 28% when the thickness was $0.8\mu\text{m}$ and 74% when the thickness was $0.2\mu\text{m}$. Also, the average transmissivity of the green filters was 33% when the thickness was $0.8\mu\text{m}$ and 75% when the thickness was $0.2\mu\text{m}$. Also, the average transmissivity of the blue filters was 30% when the thickness was $0.8\mu\text{m}$ and 74% when the thickness was $0.2\mu\text{m}$.

[0052]

Fig. 14 is a drawing having plotted the average transmissivity when having variously changed the thickness of the color filters. In the drawing, 1401 is the case of the blue filter, 1402 is the case of the green filter, and 1403 is the case of the red filter. All of the color filters have a trend whereby the average transmissivity becomes higher as the filter becomes thinner. The thickness of an ordinary dye distributed color filter used in transmissive types is about $0.8\mu\text{m}$, but when having used such a color filter, it could only display so dark that it couldn't be discriminated unless it was under direct sunlight outdoors or unless special illumination was performed with such as a spotlight. When the thickness was $0.23\mu\text{m}$ or less, that is, when the average transmissivity of all the color filters was 70% or more, a brightness was obtained being comfortable to use in a comparatively bright room of about 1000 lux brightness, for example, in an environment such as an office desk illuminated by a fluorescent lamp stand. When the thickness was $0.18\mu\text{m}$ or less, that is, when each of the average transmissivity of all the color filters was 75% or more, a brightness was obtained being sufficient for use even under the ordinary room illumination of about 200 lux. Also, when the thickness was $0.8\mu\text{m}$ or more, that is the average transmissivity of all the color filters was 90% or more, a display was possible such that the colors could be recognized clearly. Thus, for dye distributed color filters, it is desirable that their thickness be $0.23\mu\text{m}$ or less, more preferably $0.18\mu\text{m}$ or less, and further preferably $0.08\mu\text{m}$ or less.

(Embodiment 8)

Embodiment 8 is a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 7 of the present invention. However, its structure is identical to that of the reflective color liquid crystal device of Embodiment 7 shown in Fig. 13. The difference with Embodiment 7 is in the color filters.

[0053]

Fig. 16 is a drawing showing the spectral properties of color filters 7. In Fig. 16, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 shows the spectrum of the red filter, 22 shows the spectrum of the green filter, and 23 shows the spectrum of the blue filter. 21, 22, and 23 are all weak color filters, but the images displayed with such filters are light. The visibility of the red and blue may be particularly low, and discrimination of the colors is difficult. Thus, although the tinge is changed more or less, bright color filters transmitting a broader range of wavelengths were used.

When a red filter having lower color purity was used in place of the red filter, a rather orange-ish but very bright red could be displayed. The spectrum of this filter is shown in 27. This filter is characterized by having a transmissivity of 70% or more, desirably 75% or more, for the light of the wavelengths in the range of 570nm to 660nm. Also, when a blue filter having lower color purity was used in place of the blue filter, a rather cyan-ish but very bright blue could be displayed. This filter is shown in 28. This filter is characterized by having a transmissivity of 70% or more, desirably 75% or more, for the light of the wavelengths in the range of 450nm to 520nm. Nevertheless, if such color filters are used, the white display has a tendency toward becoming reddish or bluish. Thus, when using the above color filters, it is desirable to adjust the color balance by combining a green filter having a higher color purity. A green filter having a higher color purity is shown in 29. This filter is characterized by having a transmissivity of 70% or more for the light of the wavelengths in the range of 510nm to 590nm.

[0055]

(Embodiment 9)

Embodiment 9 is a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 8 of the present invention. Nevertheless, its structure is identical to the reflective color liquid crystal device of Embodiment 1 shown in Fig. 1, the reflective color liquid crystal device of Embodiment 3 shown in Fig. 6, the reflective color liquid crystal device of Embodiment 4 shown in Fig. 7, the reflective color liquid crystal device of Embodiment 6 shown in Fig. 9, and the reflective color liquid crystal device of Embodiment 7 shown in Fig. 13.

[0056]

Its characteristics are in the fact that, of the pair of substrates, element substrate 4 is placed on the far side of the reflector, and opposing substrate [2] is placed on the near side of the reflector. Because the process for the opposing substrate is simpler compared with the element substrate, a 0.7t, 0.55t sheet glass is easily used. Accordingly, it is possible to suppress double images and color mixing by making the distance between the color filter layer and the reflector shorter.

[0057]

In the above embodiments, we have paid attention to the independent properties of the color filters and have discussed their brightness and color. However, an actual design must take into consideration the color interference due to the ITO, the color of the reflector, and the coloration due to the liquid crystal mode itself. The reason is because a slight coloration, which normally does not become a problem, extends an important influence since the color filters used in the reflective color liquid crystal device are extremely thin and light. As an example, in order to compensate for the coloration due to the ITO, a method that changes the thickness of the ITO between the opposing substrate and the element substrate, compensating for each other, is effective. Also, the TN mode having little coloration was used in all of the above embodiments, but when other liquid crystal modes are used, especially the retardation plate compensated STN mode, the spectral properties of the color filters should be corrected in order to compensate for the blue-green coloration.

[0058]

[Effect of the Invention]

As described above, according to the present invention, it is possible to provide a reflective color liquid crystal device that is bright and has a high contrast ratio by combining a liquid crystal mode using a polarizing plate with bright color filters.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 1, Embodiment 2, Embodiment 5, and Embodiment 9 of the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 1 and Embodiment 6 of the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a drawing showing, in Embodiment 1 of the present invention, the relationship between the proportion of the surface area in which the color filters are provided in the light-controllable area and the average transmissivity at that time.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 2 of the present invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a drawing showing, in Embodiment 2 of the present invention, the relationship between the proportion of the surface area in which the color filters are provided in the light-controllable area and the average transmissivity at that time.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 3, Embodiment 5, and Embodiment 9 of the present invention.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 4, Embodiment 5, and Embodiment 9 of the present invention.

[Fig. 8]

Fig. 8 is a drawing showing the voltage reflectivity properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention.

[Fig. 9]

Fig. 9 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention.

[Fig. 10]

Fig. 10 is a drawing showing one example of color filter placement and color display method of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention. (a) white display, (b) red display, (c) cyan display, (d) black display.

[Fig. 11]

Fig. 11 is a drawing showing one example of color filter placement and color display method of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention. (a) white display, (b) red display, (c) cyan display, (d) black display.

[Fig. 12]

Fig. 12 is a drawing showing one example of color filter placement and color display method of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention. (a) white display, (b) red display, (c) green display, (d) blue display.

[Fig. 13]

Fig. 13 is a drawing showing the essential components of the structure of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 6 of the present invention.

[Fig. 14]

Fig. 14 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 7 of the present invention.

[Fig. 15]

Fig. 15 is a drawing having plotted the average transmissivity when having variously changed the thickness of color filters in Embodiment 7 of the present invention.

[Fig. 16]

Fig. 16 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 8 of the present invention.

[Fig. 17]

Fig. 17 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a conventional transmissive color liquid crystal device.

[Fig. 18]

Fig. 18 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 8 of the article by Mr. Tatsuo Uchida, et al. (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211 (1986))

[Fig. 19]

Fig. 19 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 2 of the article by Mr. Seiichi Mitsui, et al. (SID92 Digest, pp. 437-440 (1992))

[Fig. 20]

Fig. 20 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 2(a), (b), and (c) of Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143.

[Description of the Symbols]

- 1 upper polarizing plate
- 2 opposing substrate
- 3 liquid crystal
- 4 element substrate
- 5 lower polarizing plate
- 6 scattering reflector
- 7 color filter
- 8 opposing electrode (scan line, scan electrode)
- 9 signal line
- 10 pixel element
- 11 MIM element
- 19 black mask
- 21 red filter spectrum
- 22 green filter spectrum
- 23 blue filter spectrum
- 24 yellow filter spectrum
- 25 cyan filter spectrum
- 26 magenta filter spectrum
- 27 low-color purity red (orange) filter spectrum
- 28 low-color purity blue (cyan) filter spectrum
- 29 high-color purity green filter spectrum
- 71 average transmissivity in dot provided with red filter in Fig. 2

72 average transmissivity in dot provided with cyan filter in
Fig. 2
73 average transmissivity in dot provided with red filter in
Fig. 4
74 average transmissivity in dot provided with cyan filter in
Fig. 4
81 voltage reflectivity properties of part not having color
filter
82 voltage reflectivity properties of part having color filter
91 0.8 μ m thick red filter spectrum
92 0.8 μ m thick green filter spectrum
93 0.8 μ m thick blue filter spectrum
94 0.2 μ m thick red filter spectrum
95 0.2 μ m thick green filter spectrum
96 0.2 μ m thick blue filter spectrum
97 change of average transmissivity due to thickness of red
filter
98 change of average transmissivity due to thickness of green
filter
99 change of average transmissivity due to thickness of blue
filter

[Document] Drawings

[Fig. 1]
[Fig. 2]
1 transmissivity
2 wavelength
[Fig. 3]
1 average transmissivity
2 surface area of color filter
[Fig. 4]
1 transmissivity
2 wavelength
[Fig. 5]
1 average transmissivity
2 surface area of color filter
[Fig. 6]
[Fig. 7]
[Fig. 8]
1 reflectivity
2 applied voltage
[Fig. 9]
[Fig. 10]
[Fig. 11]
[Fig. 12]
[Fig. 13]
[Fig. 14]
1 transmissivity
2 wavelength
[Fig. 15]
1 average transmissivity
2 thickness of color filter
[Fig. 16]
1 transmissivity
2 wavelength
[Fig. 17]
1 transmissivity
2 wavelength
[Fig. 18]
1 reflectivity
2 wavelength
[Fig. 19]
1 reflectivity
2 wavelength
[Fig. 20]
1 reflectivity
2 wavelength

[Document] Abstract of the Disclosure

[Abstract]

[Object] To provide a bright, high-contrast reflective color liquid crystal device.

[Means to Achieve the Object] In a color liquid crystal panel that drives a TN mode liquid crystal using a MIM element or TFT element, a bright display can be obtained even with reflection by making the color filters brighter than those used in ordinary transmissive color liquid crystal devices. The bright color filters use the following methods: (1) a method whereby the color filters are provided only in a part of the pixels, (2) a method whereby thin, light color filters are provided, and (3) a method whereby color filters that transmit light at a wider range of wavelengths are used.

There is an identical effect even when a panel driving a simple matrix black and white STN liquid crystal is used in place of a MIM or TFT panel.

[Selected Drawing] Fig. 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 P O S 5 4 3 9 0

【提出日】 平成 07 年 10 月 17 日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G 0 2 F 1 / 1 3 6 5 1 0
G 0 2 F 1 / 1 3 6 5 0 0

【発明の名称】 反射型カラー液晶装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 奥村 治

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 岡本 英司

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 前田 強

【特許出願人】

【識別番号】 0 0 0 0 0 2 3 6 9

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代表者】 安川 英昭

【代理人】

【識別番号】 1 0 0 0 9 3 3 8 8

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

【連絡先】 3 3 4 8 - 8 5 3 1 内線 2 6 1 0 - 2 6 1 5

【選任した代理人】

【識別番号】 1 0 0 0 9 5 7 2 8

【弁理士】

【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 0 1 3 0 4 4

【納付金額】 2 1 0 0 0

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9 0 0 5 9 1 7

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 反射型カラー液晶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが各ドット内の光変調可能な領域の一部にのみ設けられていることを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 2】 前記カラーフィルタが、各ドット内の光変調可能な領域の中心部に、他のドットのカラーフィルタと離れて設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 3】 前記カラーフィルタが、各ドット内の光変調可能な領域の中で、少なくとも 2 つの領域に分かれていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 4】 前記カラーフィルタが、前記電極と液晶の間の位置に設けられたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 5】 対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが総ドット数の 3 分の 2 以下のドットにのみ設けられていることを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 6】 対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタの厚みを 0.23 μm 以下にしたことを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 7】 対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、赤色系、緑色系、青色系の 3 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記青色系あるいは赤色系カラーフィルタの内、少なくともいずれかはシアン色あるいはオレンジ

色のカラーフィルタであることを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項8】前記一对の基板の内、反射板から遠い側の基板にMIM素子あるいはTFT素子を設けたことを特徴とする請求項1乃至請求項7記載の反射型カラー液晶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、反射型カラー液晶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

PDA (Personal Digital Assistant) のような小型携帯情報端末に搭載されているディスプレイは、現在のところ、ほとんどがモノクロの反射型STN (スーパーツイステッドネマチック) 液晶である。カラー表示に対するニーズも高いが、バックライトが必要な従来の透過型カラー液晶装置では、消費電力が大きく携帯用途に向いていない。従って、反射型でカラー表示ができる液晶装置が、強く期待されている。

【0003】

反射型カラー液晶装置の開発は、1980年代中頃から本格的に着手されたようである。それ以前は、例えば特開昭50-80799号公報にもあるように、どのような液晶モードでも、また透過型でも反射型でも、それに原色のカラーフィルタを設けさえすればカラー表示が出来ると考えられていた。しかしながら、透過型カラー液晶装置に反射板を設けただけでは反射型カラー液晶装置として機能しない。実用的な明るさを如何に確保するかが、一番の問題であった。

【0004】

一般的に用いられているTN (ツイステッドネマチック) モードやSTNモードは、偏光板を必要とするため、少なくとも光の半分を無駄にしている。反射型カラー液晶装置について報告している内田龍男氏らの論文 (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211(1986)) では、そのFig. 2で各種液晶表示モードの明るさの比較を行っており、その結果、偏光板が

要らない P C G H (相転移型ゲストホスト) モードを採用している。また特開平 5-241143号公報でも、反射型カラー液晶装置を実現するために、偏光板が要らない P D L C (高分子分散型液晶) モードを採用している。このように、従来は、偏光板を用いる液晶表示モードは反射型カラー液晶表示に適さないと考えられていた。

【0005】

明るさの改善を考える上で、液晶表示モードとともに重要な観点は、カラーフィルタの色設計である。従来、透過型カラー液晶装置で使われていたカラーフィルタは、図17に示したような分光特性を有していた。図17の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21が赤フィルタのスペクトル、22が緑フィルタのスペクトル、23が青フィルタのスペクトルである。人間が感知できる光は、個人差もあるが概ね380nmから780nmの波長範囲であり、特に450nmから660nmの波長範囲で視感度が高い。そこで450nmから660nmの波長範囲で透過率を単純平均した値を平均透過率と定義すると、赤フィルタの平均透過率が28%、緑フィルタが33%、青フィルタが30%であった。反射型カラー液晶装置に利用するためにはもっと明るいフィルタが必要である。

【0006】

前述の内田龍男氏らの論文のFig. 8で提案されていたカラーフィルタは、互いに補色関係にある2色を利用することで、3色の場合よりも明るくなるよう工夫したものであった。その分光特性を図18に示す。図18の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、22が緑フィルタのスペクトル、26がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してあるため比較が難しいが、単純に各波長における反射率の平方根が透過率であると仮定すると、緑フィルタの平均透過率が41%、マゼンタフィルタが48%であった。

【0007】

また、三ツ井精一氏らの論文 (SID 92 DIGEST, pp. 437-440(1992)) も、同じ P C G H モードを採用した反射型カラー液晶装置に関するものであるが、彼らはそのFig. 2にあるような明るい2色のカラーフィルタを利用している。その分光特性を図19に示す。図19の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、22

が緑フィルタのスペクトル、26がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してあるが、同様に各波長における反射率の平方根が透過率であると仮定すると、緑フィルタの平均透過率が68%、マゼンタフィルタが67%であった。

【0008】

また先の特開平5-241143号公報の図2(a)、(b)、(c)で提案されていたカラーフィルタは、赤、緑、青の3色ではなく、イエロー、シアン、マゼンタの3色を利用して、明るくしている。その分光特性を図20に示す。図20の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、24がイエローフィルタのスペクトル、25がシアンフィルタのスペクトル、26がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してある上、軸に目盛りが打たれていないため、比較することが難しいが、反射率の最大値を100%と最も高めに考えた上で、単純に各波長における反射率の平方根を透過率であると仮定して平均透過率を大ざっぱに見積もったところ、イエローフィルタが約70%、シアンフィルタが約60%、マゼンタフィルタが約50%であった。

【0009】

このように、従来は、偏光板を用いない明るい液晶モードと、明るいカラーフィルタを組み合わせることによって、反射型カラー表示を実現していたが、明るいカラーフィルタといっても、450nmから660nmの波長範囲での平均透過率が70%よりも低いカラーフィルタを用いていた。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の反射型カラー液晶装置は、偏光板を用いていないため、高いコントラスト比が得られず、その結果として色再現性も悪いという課題があった。例えば前述の内田龍男氏らの論文では、その1208ページ右欄19行目からコントラスト比の設計値が1:5であることがわかる。また前述の三ツ井精一氏らの論文でも、その439ページ22行目からコントラスト比が1:3しかなかったことがわかる。従来の透過型のカラー液晶装置のコントラスト比は1:100以上であるから、1:3や1:5のコントラスト比ではいかにも見劣りが

する。また偏光板を使用しない液晶表示モードは、P C G H モードにしても、P D L C モードにしても、製造上、信頼性確保上、数々の課題があって、未だ十分に実用化しているとは言えない点も、大きな問題であった。

【0011】

そこで本発明は、明るくコントラスト比が高い反射型カラー液晶装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 記載の発明は、対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが各ドット内の光変調可能な領域の一部にのみ設けられていることを特徴とする。

【0013】

前記カラーフィルタは、各ドット内の光変調可能な領域の 50% 以下、好ましくは 45% 以下、より好ましくは 40% 以下、最も好ましくは 35% 以下であって、しかも 15% 以上、好ましくは 25% 以上の面積に設けられることが望ましい。また 450 nm から 660 nm の範囲の波長の光に対する平均透過率が、70% 以上、好ましくは 75% 以上であって、しかも 90% 以下であることが望ましい。また各ドット内の光変調不可能な領域にはカラーフィルタを設けないことが望ましいが、金属配線等による反射を遮る位置に設けることを妨げない。また後に述べる請求項 5 記載の発明と関連するが、赤色系、緑色系、青色系の 3 色のカラーフィルタを用いる場合には、緑色系に比べて、青色系、赤色系カラーフィルタの面積を小さくした方が望ましい。

【0014】

なお、ここで「ドット」という語は、日本電子機械工業会規格 E I A J の E D - 2511A で「各画素を構成する要素点」と定義され、その「画素」は「マトリクス表示において、表示に必要な機能を実現できる最小の表示単位。例として、RGB の縦ストライプによるカラー表示では、連続した RGB 各 1 ドット計 3 ドットで 1 画素とする。」と定義されている。また「光変調可能な領域」とは、

上記規格によって定義された「ドット」内部において、上下の電極に挟まれて液晶に電圧を印加することが可能で、しかもブラックマスクや金属線等によって光が遮られていない領域を指す。

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが、各ドット内の光変調可能な領域の中心部に、他のドットのカラーフィルタと離れて設けられていることを特徴とする。言い換えるならば、各カラーフィルタの周囲には必ず特定の色を吸収することなく光が透過する領域が存在することを特徴とする。

【0015】

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 または請求項 2 記載の反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが、各ドット内の光変調可能な領域の中で、少なくとも 2 つの領域に分かれていることを特徴とする。2 つの領域は、例えば市松模様のように、互いに点で接しても構わない。

【0016】

請求項 4 記載の発明は、請求項 1 乃至請求項 3 記載の反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが、前記電極と液晶の間の位置に設けられたことを特徴とする。

【0017】

請求項 5 記載の発明は、対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタが総ドット数の 3 分の 2 以下のドットにのみ設けられていることを特徴とする。

【0018】

請求項 6 記載の発明は、対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタの厚みを $0.23 \mu m$ 以下、好ましくは $0.18 \mu m$ 以下であって、さらに好ましくは $0.08 \mu m$ 以上にしたことを特徴とする。

【0019】

請求項7記載の発明は、対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、赤色系、緑色系、青色系の3色のカラーフィルタと、少なくとも1枚の偏光板と、反射板を有する反射型カラー液晶装置において、前記青色系あるいは赤色系カラーフィルタの内、少なくともいずれかはシアン色あるいはオレンジ色のカラーフィルタであることを特徴とする。

【0020】

前記シアン色カラーフィルタは、少なくとも波長450nmから520nmの範囲の光に対して70%以上、望ましくは75%以上の透過率を有することを特徴とする。

【0021】

また前記オレンジ色カラーフィルタは、少なくとも波長570nmから660nmの範囲の光に対して70%以上、望ましくは75%以上の透過率を有することを特徴とする。

また前記緑色カラーフィルタは、波長510nmから590nmの範囲の光に対してのみ70%以上の透過率を有する、比較的色純度の高い緑色であることを特徴とする。

【0022】

請求項8記載の発明は、請求項1乃至請求項7記載の反射型カラー液晶装置において、前記一対の基板の内、反射板から遠い側の基板にMIM素子あるいはTFT素子を設けたことを特徴とする。また特に反射板に近い側の基板を、他方の基板に対して薄くすることを特徴とする。

【0023】

【実施例】

本発明の反射型カラー液晶装置は、偏光板を用いる液晶表示モードを採用して高コントラストを確保した上で、これに従来よりも圧倒的に明るいカラーフィルタを組み合わせたものである。

【0024】

偏光板を用いる液晶表示モードは数多く存在するが、本発明の目的には、明る

く白黒表示が可能な液晶表示モード、例えば特公昭51-013666号公報で提案されたTNモード、特公平3-50249号公報で提案された位相差板補償型のSTNモード、特開平3-223715号公報で提案された1枚偏光板型のネマチック液晶モード、特開平6-235920号公報で提案された双安定スイッチングを行うネマチック液晶モード、第21回液晶討論会(1995年)の講演番号3A19で発表された1枚偏光板型のハイブリッド配向ネマチック液晶モード等が適している。この中でもTNモードは、明るく高いコントラストが得られるという点で特に優れているが、その反面、電圧透過率特性の急峻性が悪く、その駆動のために高価なMIM素子やTFT素子を各ドットに必要とする欠点もある。安価な単純マトリクス法で駆動するためには、TNモード以外の液晶モード、例えば位相差板補償型のSTNモード等が適している。

【0025】

また、明るいカラーフィルタを得る手段は2通りある。第1の方法は、カラーフィルタの色を薄く淡くする方法であり、例えば赤色フィルタをピンク色にする方法である。これは、フィルタ自体を通常よりも薄くしたり、顔料の含有量を減らすことで実現できる。しかしながら、通常使われているような顔料分散型のカラーフィルタの場合、顔料が減るとその分散性の悪さが目立ち、むらになりやすい。そこでカラーフィルタをドット内の一部にのみ設けて、平均として色を薄く淡くする方法が有効である。第2の方法は、カラーフィルタが透過する光の波長幅を広くする方法であり、例えば赤色フィルタをオレンジ色にする方法である。

【0026】

以下本発明を図面に基づいて詳細に説明する。

【0027】

(実施例1)

図1は本発明の請求項1記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。まず構成を説明する。1は上側偏光板、4は素子基板、3は液晶、2は対向基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、対向基板2上には対向電極(走査線)8とカラーフィルタ7を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。ここで1と4、2と5、5と6は、互

いに離して描いてあるが、これは図を明解にするためであって、実際には糊で接着している。また素子基板4と対向基板2の間も広く離して描いてあるが、これも同様の理由からであって実際には数 μm から十数 μm 程度のギャップしかない。また図中には $3 \times 3 = 9$ ドットを描いたが、実際には1パネル中に $640 \times 960 = 614400$ ドットを形成した。また1ドット中で光変調可能な領域は、素子基板上の凹状のITOと、対向基板上の短冊状のITOが重なる領域であって、対向基板のITO上に破線でその輪郭を示した。(一部カラーフィルタと重なって見えないが、同様の輪郭を示した図6を参照して欲しい。)

対向電極8と画素電極10は透明なITOで形成し、信号線9は金属Taで形成した。MIM素子は絶縁膜 Ta_2O_5 を金属Taと金属Crで挟んだ構造である。液晶3は90度ねじれたネマチック液晶であり、液晶セルの $\Delta n \times d$ が $1.34 \mu\text{m}$ になるよう、液晶の Δn とセルギャップdを選択した。また上下の偏光板は、その吸収軸が隣接基板のラビング軸と平行になるように配置した。これは最も明るく着色の少ないTNモードの構成である。またカラーフィルタ7は互いに補色の関係にある赤(図中「R」で示した)とシアン(図中「C」で示した)の2色から成っているが、光変調可能な領域の一部にのみ設けた。

【0028】

図2はカラーフィルタ7の分光特性を示す図である。図2の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21が赤フィルタのスペクトル、25がシアンフィルタのスペクトルを示している。スペクトルの測定は、顕微分光光度計を使用して対向基板単体で行い、ガラス基板と透明電極の透過率を100%に補正した。以下、カラーフィルタの分光特性は全てこの方法により測定した。450nmから660nmの波長範囲で透過率を単純平均した平均透過率は、赤フィルタが30%、シアンフィルタが58%であった。但しこれは、カラーフィルタが全面に設けられている場合であって、一部にのみ設けられている場合には、光変調可能な領域内での平均値を平均透過率と呼ぶこととする。

【0029】

図3は、光変調可能な領域内でカラーフィルタを設ける面積の割合を様々に変えて、そのときの平均透過率を求めた結果である。71が赤フィルタを設けたド

ットにおける平均透過率、72がシアンフィルタを設けたドットにおける平均透過率である。

【0030】

カラーフィルタ面積率が100%、即ち全面にカラーフィルタを設けた場合には、屋外の直射日光の下か、スポットライトのような特殊な照明を行わない限り表示が判別できないほど暗かった。カラーフィルタ面積率が45%以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も70%以上の場合には、照度1000ルクス程度の比較的明るい室内、例えば蛍光灯スタンドで照明された事務机といった環境の下で、快適に使用できる明るさが得られた。カラーフィルタ面積率が35%以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も75%以上の場合には、照度200ルクス程度の通常の室内照明光の下でも十分使用できる明るさが得られた。またカラーフィルタ面積率が15%以上、即ちいずれかのカラーフィルタの平均透過率が90%以下の場合には、赤とシアンが判別できる程度に表示できた。カラーフィルタ面積率が25%以上、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も90%以下の場合には、はっきりと色が認識できる程度に表示できた。またいずれのカラーフィルタを用いた場合にも、1:15以上の高いコントラスト比が得られた。

【0031】

実施例1で用いたカラーフィルタは、シアン色を用いている点を除けば、通常の透過型で用いられるカラーフィルタと同程度の分光特性、同程度の明るさである。このようなカラーフィルタは、光変調可能な領域の45%以下、好ましくは35%以下であって、しかも15%以上、好ましくは25%以上の面積に設けることが望ましい。

【0032】

なお実施例1においては、アクティブ素子としてMIM素子を使用したが、これは開口率を高める上で若干有利であるからで、TFT素子を用いても本発明の効果に変わりはない。

【0033】

(実施例2)

実施例2も、本発明の請求項1記載の発明に係る反射型カラー液晶装置である。その構造は図1に示した実施例1の反射型カラー液晶装置と同様であるが、カラーフィルタの特性が異なる。

【0034】

図4は実施例2で用いたカラーフィルタの分光特性を示す図である。図4の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21が赤フィルタのスペクトル、25がシアンフィルタのスペクトルを示している。赤フィルタの平均透過率は41%、シアンフィルタの平均透過率が62%であった。顔料の分散性等の問題無しに従来通りの工程で製造できるカラーフィルタとしては、この程度の明るさが最大である。

【0035】

図5は、光変調可能な領域内でカラーフィルタを設ける面積の割合を様々に変えて、そのときの平均透過率を求めた結果である。73が赤フィルタを設けたドットにおける平均透過率、74がシアンフィルタを設けたドットにおける平均透過率である。

【0036】

カラーフィルタ面積率が100%、即ち全面にカラーフィルタを設けた場合には、屋外の直射日光の下か、スポットライトのような特殊な照明を行わないと、表示が暗く、見づらかった。カラーフィルタ面積率が50%以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も70%以上の場合には、照度1000ルクス程度の比較的明るい室内、例えば蛍光灯スタンドで照明された事務机といった環境の下で、快適に使用できる明るさが得られた。カラーフィルタ面積率が40%以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も75%以上の場合には、照度200ルクス程度の通常の室内照明光の下でも十分使用できる明るさが得られた。またカラーフィルタ面積率が15%以上、即ちいずれかのカラーフィルタの平均透過率が90%以下の場合には、赤とシアンが判別できるに表示できた。カラーフィルタ面積率が25%以上、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も90%以下の場合には、はっきりと色が認識できる程度に表示できた。またいずれのカラーフィルタを用いた場合にも、1:15以上の高いコントラスト比が得られた

【0037】

実施例2で用いたカラーフィルタは、通常の透過型で用いられるカラーフィルタと比べるとずっと明るい。このようなカラーフィルタは、光変調可能な領域の50%以下、好ましくは40%以下であって、しかも15%以上、好ましくは25%以上の面積に設けることが望ましい。

【0038】

(実施例3)

図6は本発明の請求項2記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。構成を説明する。1は上側偏光板、4は素子基板、3は液晶、2は対向基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、対向基板2上には対向電極(走査線)8とカラーフィルタ7を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。また1ドット中で光変調可能な領域は、素子基板上の凹状のITOと、対向基板上の短冊状のITOが重なる領域であって、対向基板のITO上に破線でその輪郭を示した。

【0039】

カラーフィルタ7は互いに補色の関係にある赤(図中「R」で示した)とシアン(図中「C」で示した)の2色から成っており、光変調可能な領域のほぼ中央に設けた。各々のカラーフィルタの周囲には、他のカラーフィルタが無いように配置することが望ましい。このように配置すると、色の混じりが少ない表示が可能である。何故ならば、通常はカラーフィルタ層と反射板との間に少なくとも対向基板の厚み分だけの距離が存在するために、赤フィルタを通って入射した光がシアンフィルタを通って出射したり、あるいはその逆によって色混じりが生じるが、上記配置を取るとその確率が減るためである。

【0040】

(実施例4)

図7は本発明の請求項3記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。構成を説明する。1は上側偏光板、4は素子基板、3は液晶、2は対向基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、対向基板2上には対向

電極（走査線）8とカラーフィルタ7を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。

【0041】

カラーフィルタ7は互いに補色の関係にある赤（図中「R」で示した）とシアノ（図中「C」で示した）の2色から成っており、各々光変調可能な領域の中で5つの領域に分かれて市松状に配置した。ドットの一部にのみカラーフィルタを設けると、カラーフィルタの無い部分が白く目立ちやすいが、このように細かい領域に分割して配置すると色の混じりが良いという利点がある。分割数はもちろん2つでも構わないが、3つ以上に分けた方が効果が大きい。

【0042】

また走査線を覆う位置にブラックマスク（図中「BK」で示した）を設けた。このブラックマスクは、図7において対向基板2が上側に、素子基板4が下側に配置されているときに、特に反射防止の効果がある。またわざわざ黒色顔料を用いずとも、赤、シアノ、あるいはその重ね合わせによって代用しても良い。

【0043】

（実施例5）

実施例5は、本発明の請求項4記載の発明に係る反射型カラー液晶装置である。しかしながらその構造は、図1に示した実施例1の反射型カラー液晶装置、図6に示した実施例3記載の反射型カラー液晶装置、図7に示した実施例4記載の反射型カラー液晶装置と同様である。

【0044】

その特徴は、カラーフィルタが電極と液晶の間の位置に設けられている点にある。一般にカラーフィルタは、液晶に効率的に電圧を印加するために、電極と基板の間の位置に設けられることが多い。しかしながら本実施例のように配置することによって、二つの新しい効果が得られた。一つは視角の拡大であり、もう一つは中間調における色純度の向上である。

【0045】

図8は、本発明の実施例5における反射型カラー液晶装置の電圧反射率特性を示す図である。横軸は液晶に実効的に印加される電圧であり、縦軸は電圧を印加

しない時を100%に規格化した反射率である。81は光変調可能な領域の中での、カラーフィルタを設けない部分の特性であり、82はカラーフィルタを設けた部分の特性である。容量分割による電圧降下のために、82は81よりも電圧反射率特性の急峻性が悪い。言い換れば、82は81よりも液晶に電圧が印加され難い。このように一画素内に電圧の掛かり具合の異なる二つの領域が存在するために、特開平2-12号公報や特開平4-348323号公報で開示されている「ハーフトーン方式」と呼ばれる効果により、視角特性が改善される。また中間調表示時には、カラーフィルタを設けた部分の方が常に反射率が高くなるために、色が濃く表示されるという効果もある。

【0046】

(実施例6)

図9は本発明の請求項5記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。構成を説明する。1は上側偏光板、4は素子基板、3は液晶、2は対向基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、対向基板2上には対向電極(走査線)8とカラーフィルタ7を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。

カラーフィルタ7は互いに補色の関係にある赤(図中「R」で示した)とシアン(図中「C」で示した)の2色から成っているが、一部のドットにはカラーフィルタを設けなかった。ここで用いたカラーフィルタは、実施例1と同様であり、その分光特性を図2に示した。

【0047】

図10はカラーフィルタの配置を、図9の上方から見た形で示した図である。図中の「R」は赤フィルタを設けたドット、「C」はシアンフィルタを設けたドットを示し、「W」はカラーフィルタが無いドットを示している。全体の1/3のドットには赤フィルタを、1/3のドットにはシアンフィルタを設け、残りの1/3のドットにはカラーフィルタを設けなかった。また図10の(a)(b)(c)(d)はそれぞれ白、赤、シアン、黒を表示したときの、オンドット、オフドットの分布を示している。ハッチングを施したドットがオンドット即ち暗状態であり、ハッチングを施さないドットがオフドット即ち明状態である。このよ

うに表示を行うと、全体の $2/3$ のドットで色表示を行うために、通常よりも明るい表示が可能になる。また色表示で中間調を表示する場合も、主としてカラー フィルタが無いドットで明るさを調整すれば、常に鮮やかな色が表示できるとい うメリットがある。例えば暗めの赤を表示する場合には、赤フィルタを設けたド ットを全オフ、シアンフィルタを設けたドットをオンとして、カラーフィルタを 設けないドットを半オンとすればよい。

【0048】

別のカラーフィルタ配置を図11に示す。全体の $1/4$ のドットには赤フィル タを、 $1/4$ のドットにはシアンフィルタを設け、残りの $1/2$ のドットにはカ ラーフィルタを設けなかった。また図11の(a) (b) (c) (d)はそれぞれ白、赤、シアン、黒を表示したときの、オンドット、オフドットの分布を示 している。このように表示を行うと、全体の $3/4$ のドットで色表示を行うために 、図10のカラーフィルタ配置よりもさらに明るい表示が可能である。

【0049】

もう一つの例として、赤緑青3色のカラーフィルタを用いた場合の配置を図1 2に示す。図中の「R」は赤フィルタを設けたドット、「G」は緑フィルタを設 けたドット、「B」は青フィルタを設けたドットを示し、「W」はカラーフィル タが無いドットを示している。全体の $1/6$ のドットには赤フィルタを、 $1/6$ のドットには緑フィルタを、 $1/6$ のドットには青フィルタを設け、残りの $1/2$ のドットにはカラーフィルタを設けなかった。また図12の(a) (b) (c) (d)はそれぞれ白、赤、緑、青を表示したときの、オンドット、オフドット の分布を示している。このように表示を行うと、全体の $4/6$ のドットで色表示 を行うために、明るい表示が可能である。

【0050】

(実施例7)

図13は本発明の請求項6記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の構造の要 部を示す図である。構成を説明する。1は上側偏光板、4は素子基板、3は液晶 、2は対向基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、

対向基板2上には対向電極(走査線)8とカラーフィルタ7を設け、素子基板

4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。カラーフィルタ7は顔料分散タイプであって、赤(図中「R」で示した)、緑(図中「C」で示した)、青(図中「B」で示した)の3色から成っている。

【0051】

図14はカラーフィルタ7の分光特性を示す図である。図14の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、91と94が赤フィルタのスペクトル、92と95が緑フィルタのスペクトル、93と96が青フィルタのスペクトルを示している。また91と94、92と95、93と96とでは、それぞれカラーフィルタ材料は同じであるが、その厚みが異なり、いずれも前者が0.8μm、後者が0.2μmである。赤フィルタの平均透過率は、厚み0.8μmのとき28%、厚み0.2μmのとき74%であった。また緑フィルタの平均透過率は、厚み0.8μmのとき33%、厚み0.2μmのとき75%であった。また青フィルタの平均透過率は、厚み0.8μmのとき30%、厚み0.2μmのとき74%であった。

【0052】

図15は、カラーフィルタの厚みを様々に変化させたときの平均透過率をプロットした図である。図中97は青フィルタ、98は緑フィルタ、99は赤フィルタの場合である。いずれもカラーフィルタが薄くなるほど、平均透過率が高くなる傾向にある。透過型で用いられる通常の顔料分散型カラーフィルタの厚みは0.8μm程度であるが、そのようなカラーフィルタを用いた場合、屋外の直射日光の下か、スポットライトのような特殊な照明を行わない限り判別できないほど暗い表示しかできなかった。厚みが0.23μm以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も70%以上の場合には、照度1000ルクス程度の比較的明るい室内、例えば蛍光灯スタンドで照明された事務机といった環境の下で、快適に使用できる明るさが得られた。厚みが0.18μm以下、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も75%以上の場合には、照度200ルクス程度の通常の室内照明光の下でも十分使用できる明るさが得られた。また厚みが0.8μm以上、即ちいずれのカラーフィルタの平均透過率も90%以下の場合には、はつきりと色が認識できる程度に表示できた。このように顔料分散タイプのカラーフィ

ルタは、その厚みが $0.23\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.18\text{ }\mu\text{m}$ 以下であって、さらに好ましくは $0.08\text{ }\mu\text{m}$ 以上の面積に設けることが望ましい。

(実施例8)

実施例8は、本発明の請求項7記載の発明に係る反射型カラー液晶装置であるが、その構造は、図13に示した実施例7の反射型カラー液晶装置と同様である。実施例7との違いはカラーフィルタにある。

【0053】

図16はカラーフィルタ7の分光特性を示す図である。図16の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21が赤フィルタのスペクトル、22が緑フィルタのスペクトル、23が青フィルタのスペクトルである。21、22、23はいずれも色の薄いカラーフィルタであるが、このようなカラーフィルタで表示する画像は淡い。特に赤と青は視感度が低いこともあって、色の判別がしがたい。そこで多少色味が変わっても、より広い波長範囲で光を透過する明るいカラーフィルタを使用した。

【0054】

赤フィルタの代わりに、色純度の低い赤フィルタを使用したところ、若干オレンジ色っぽいが大変明るい赤が表示できた。このフィルタのスペクトルを27に示す。このフィルタは、少なくとも波長 570 nm から 660 nm の範囲の光に対して70%以上、望ましくは75%以上の透過率を有することを特徴としている。また青フィルタの代わりに、色純度の低い青フィルタを使用したところ、若干シアン色っぽいが大変明るい青が表示できた。このフィルタのスペクトルを28に示す。このフィルタは、少なくとも波長 450 nm から 520 nm の範囲の光に対して70%以上、望ましくは75%以上の透過率を有することを特徴としている。しかしながら、このようなカラーフィルタを用いると、白表示が青っぽく、あるいは赤っぽくなる傾向がある。そこで上記カラーフィルタを用いる場合には、より色純度が高い緑フィルタと組み合わせて色バランスを調整することが望ましい。色純度が高い緑フィルタの一例を29に示す。このフィルタは、波長 510 nm から 590 nm の範囲の光に対してのみ70%以上の透過率を有することを特徴としている。

【0055】

(実施例 9)

実施例 9 は、本発明の請求項 8 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置である。しかしながらその構造は、図 1 に示した実施例 1 の反射型カラー液晶装置、図 6 に示した実施例 3 記載の反射型カラー液晶装置、図 7 に示した実施例 4 記載の反射型カラー液晶装置、図 9 に示した実施例 6 記載の反射型カラー液晶装置、図 13 に示した実施例 7 記載の反射型カラー液晶装置と同様である。

【0056】

その特徴は、一対の基板の内、素子基板 4 が反射板から遠い側に、対向基板が反射板に近い側に配置されていることがある。対向基板は素子基板に比べて工程が単純なため、0.7t、0.55t といった薄板ガラスを使いやすい。従って、カラーフィルタ層と反射板との距離を小さくして、二重像や色混じりを抑制することができる。

【0057】

以上の実施例においては、カラーフィルタ単独の特性に注目して、その明るさや色を論じてきたが、実際には ITO による干渉色や、偏光板の色、また液晶モード自体による着色等を考慮して設計しなければならない。何故ならば反射型カラー液晶装置に用いられるカラーフィルタは、非常に薄く淡いものであるから、通常は問題にならないようなわずかな着色が、重要な影響を及ぼすからである。一例として ITO による着色を補償するためには、対向基板と素子基板上で ITO の厚みを変えて互いに補償させる方法が有効である。また上記実施例では全て着色の小さい TN モードを採用していたが、他の液晶モード、特に位相差板補償型の STN モードを採用した場合には、その青～緑色の着色を補償するよう、カラーフィルタの分光特性を調整すべきである。

【0058】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、偏光板を用いる液晶表示モードと明るいカラーフィルタと組み合わせることによって、明るくコントラスト比が高い反射型カラー液晶装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の実施例1、実施例2、実施例5および実施例9における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 2】

本発明の実施例1および実施例6における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 3】

本発明の実施例1において、光調可能な領域内でカラーフィルタを設ける面積の割合と、そのときの平均透過率の関係を示す図である。

【図 4】

本発明の実施例2における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 5】

本発明の実施例2において、光調可能な領域内でカラーフィルタを設ける面積の割合と、そのときの平均透過率の関係をプロットした図である。

【図 6】

本発明の実施例3、実施例5および実施例9における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 7】

本発明の実施例4、実施例5および実施例9における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 8】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置の電圧反射率特性を示す図である。

【図 9】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図10】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタ配置と色表示方法の一例を示す図である。(a)白表示(b)赤表示(c)シアン表示(d)黒表示

【図11】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタ配置と色表示方法の一例を示す図である。(a)白表示(b)赤表示(c)シアン表示(d)黒表示

【図12】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタ配置と色表示方法の一例を示す図である。(a)白表示(b)赤表示(c)緑表示(d)青表示

【図13】

本発明の実施例6における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図14】

本発明の実施例7における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図15】

本発明の実施例7において、カラーフィルタの厚みを様々に変化させたときの平均透過率をプロットした図である。

【図16】

本発明の実施例8における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図17】

従来の透過型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図18】

内田龍男氏らの論文(IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211(1986))のFig. 8で提案されていたカラーフィルタの分

光特性を示す図である。

【図 19】

三ツ井精一氏らの論文 (SID 92 DIGEST, pp. 437-440(1992)) の Fig. 2 で提案されていたカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 20】

特開平 5 - 241143 号公報の図 2 (a)、(b)、(c) で提案されていたカラーフィルタの分光特性を示す図である。

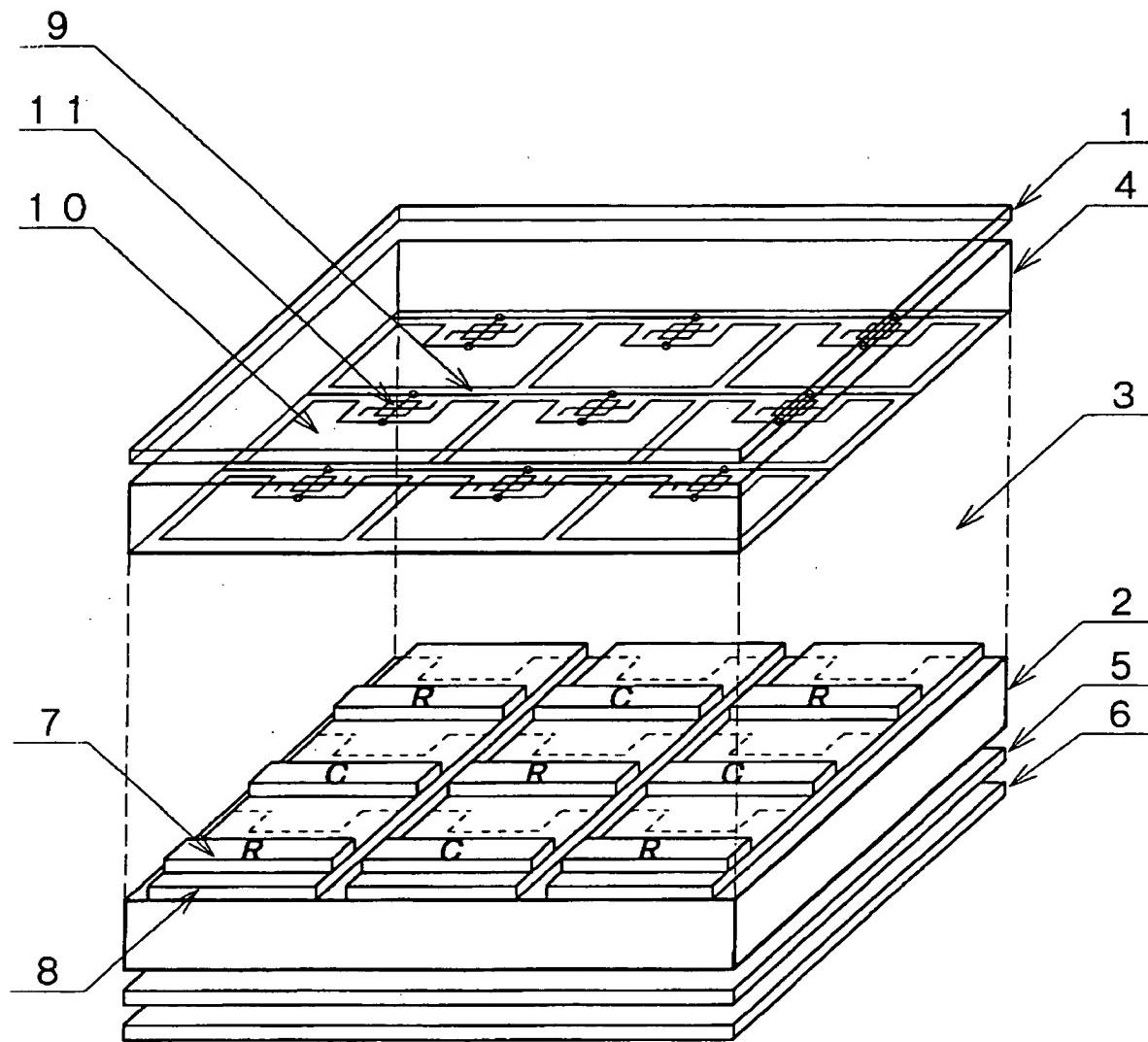
【符号の説明】

- 1 上側偏光板
- 2 対向基板
- 3 液晶
- 4 素子基板
- 5 下側偏光板
- 6 拡散反射板
- 7 カラーフィルタ
- 8 対向電極 (走査線、走査電極)
- 9 信号線
- 10 画素電極
- 11 MIM 素子
- 19 ブラックマスク
- 21 赤フィルタのスペクトル
- 22 緑フィルタのスペクトル
- 23 青フィルタのスペクトル
- 24 イエローフィルタのスペクトル
- 25 シアンフィルタのスペクトル
- 26 マゼンタフィルタのスペクトル
- 27 色純度の低い赤 (オレンジ) フィルタのスペクトル
- 28 色純度の低い青 (シアン) フィルタのスペクトル
- 29 色純度の高い緑フィルタのスペクトル

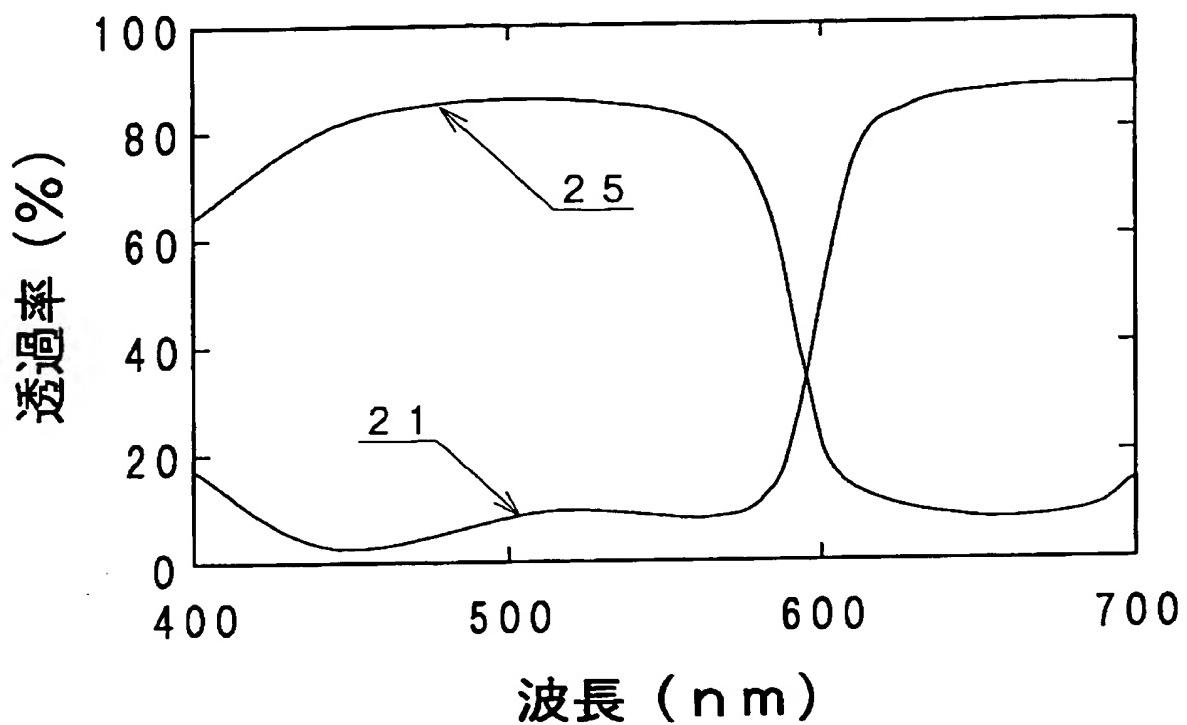
- 7 1 図2に示した赤フィルタを設けたドットにおける平均透過率
- 7 2 図2に示したシアンフィルタを設けたドットにおける平均透過率
- 7 3 図4に示した赤フィルタを設けたドットにおける平均透過率
- 7 4 図4に示したシアンフィルタを設けたドットにおける平均透過率
- 8 1 カラーフィルタが無い部分の電圧反射率特性
- 8 2 カラーフィルタが有る部分の電圧反射率特性
- 9 1 厚み0.8μmの赤フィルタのスペクトル
- 9 2 厚み0.8μmの緑フィルタのスペクトル
- 9 3 厚み0.8μmの青フィルタのスペクトル
- 9 4 厚み0.2μmの赤フィルタのスペクトル
- 9 5 厚み0.2μmの緑フィルタのスペクトル
- 9 6 厚み0.2μmの青フィルタのスペクトル
- 9 7 赤フィルタの厚みによる平均透過率の変化
- 9 8 緑フィルタの厚みによる平均透過率の変化
- 9 9 青フィルタの厚みによる平均透過率の変化

【書類名】 図面

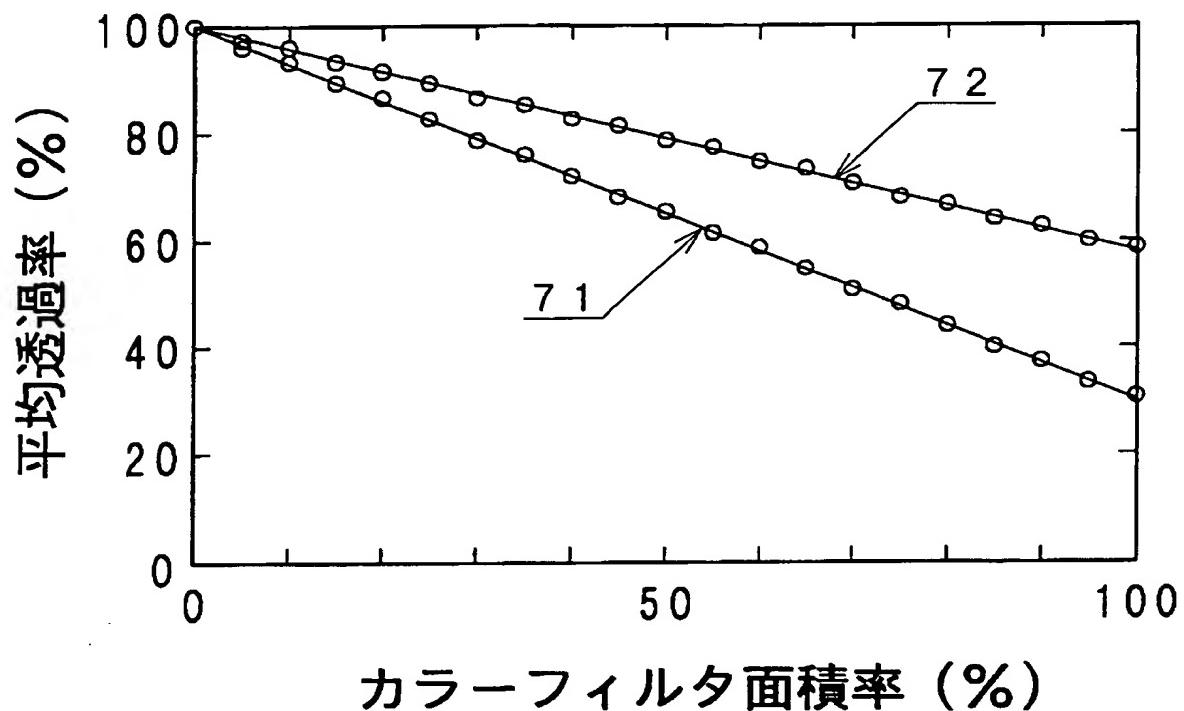
【図1】



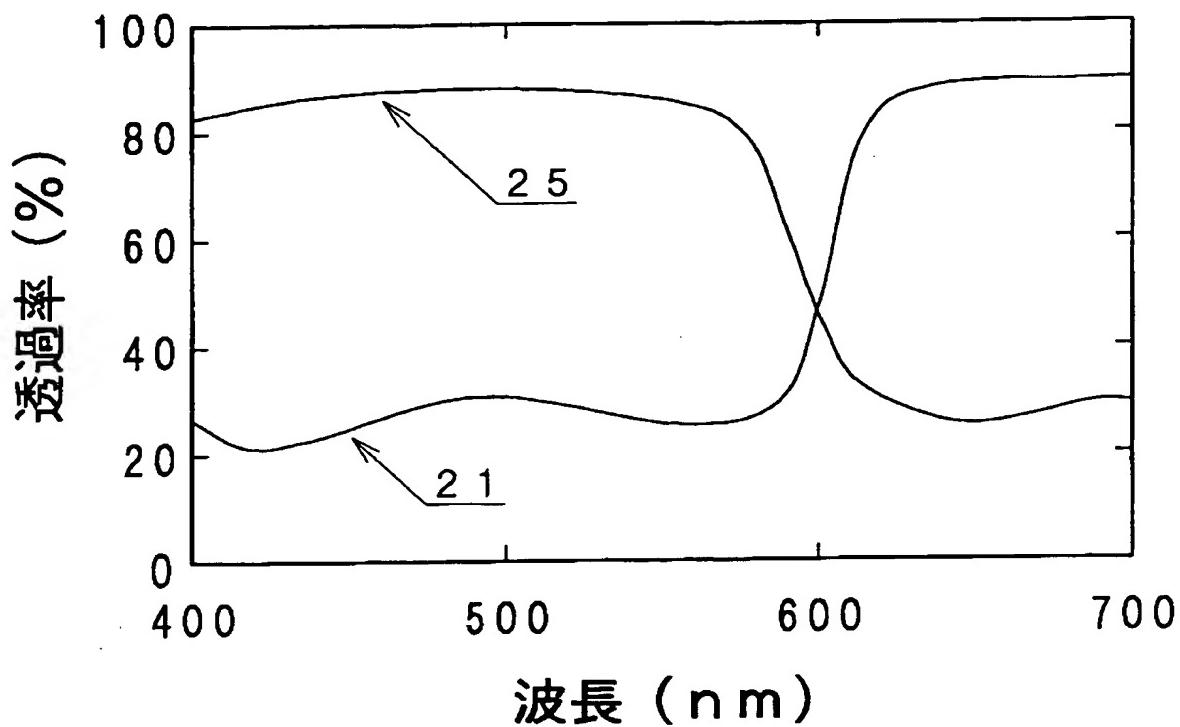
【図 2】



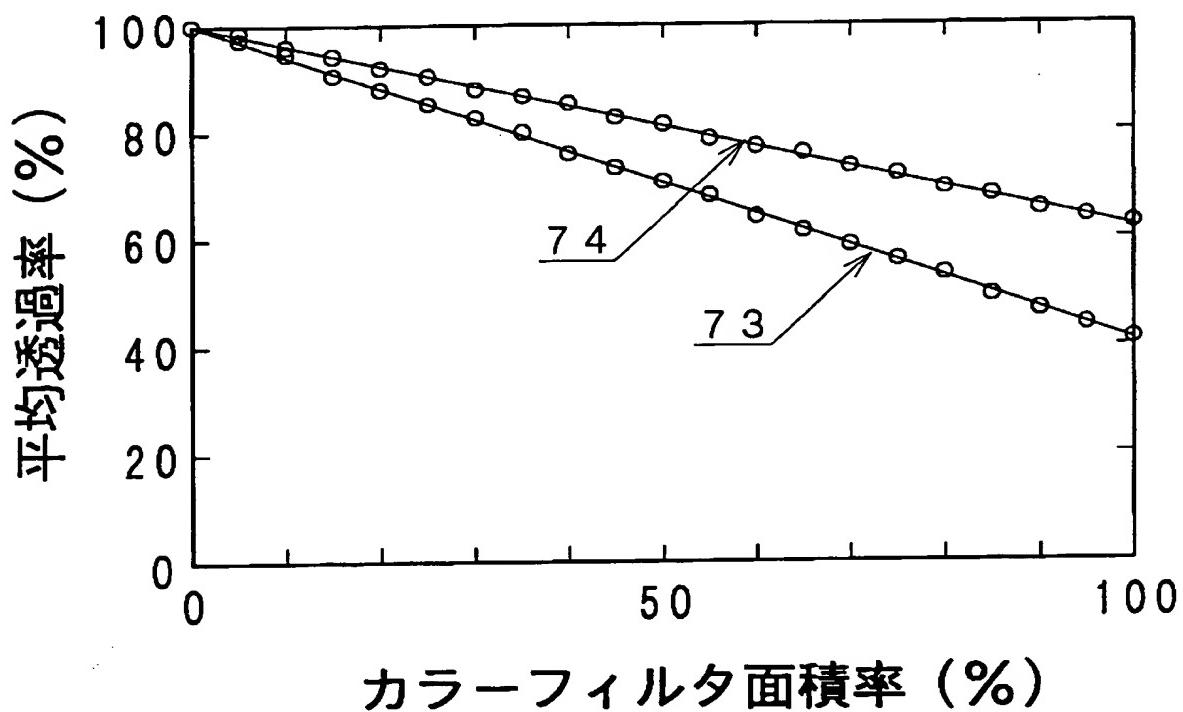
【図 3】



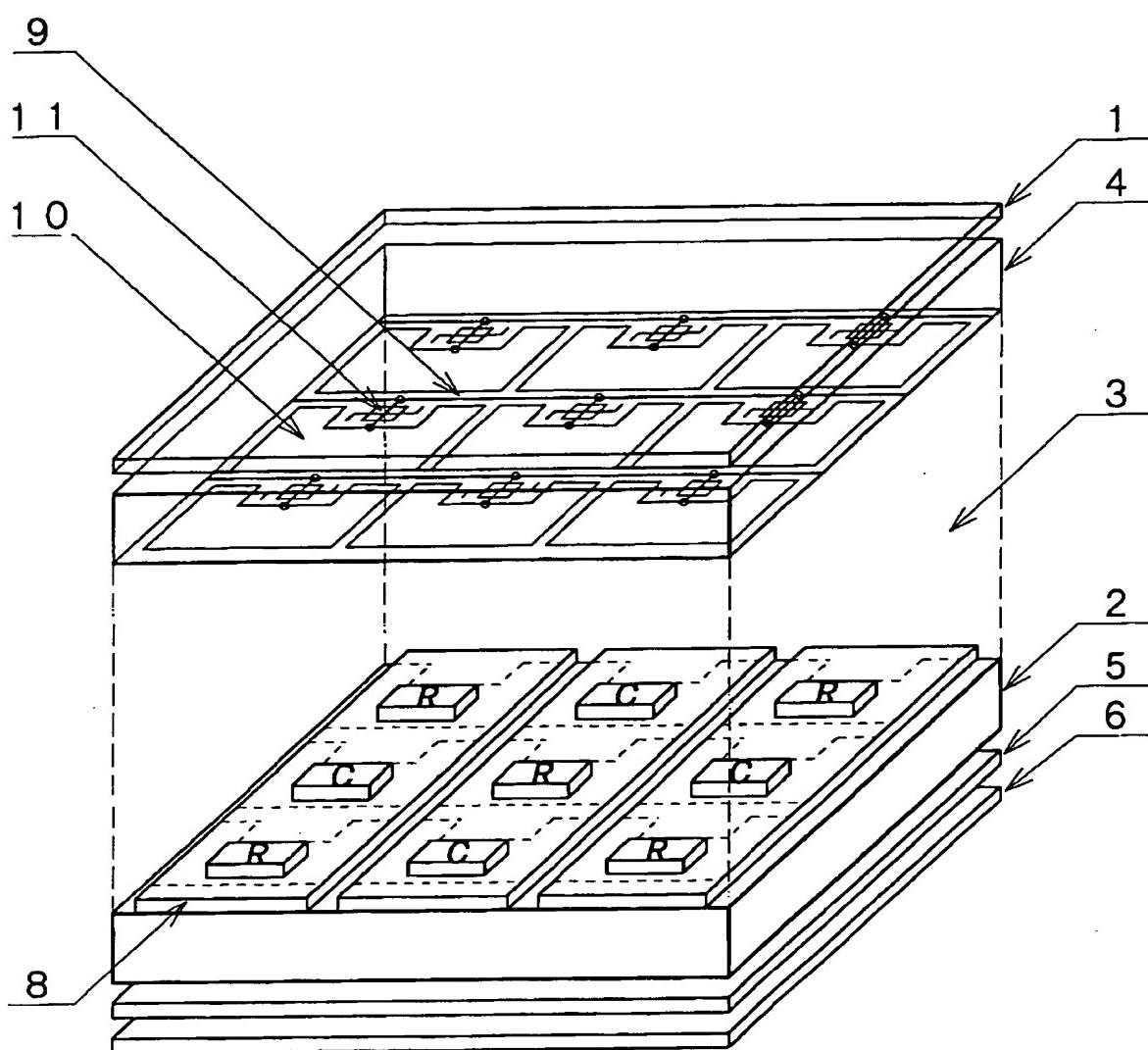
【図 4】



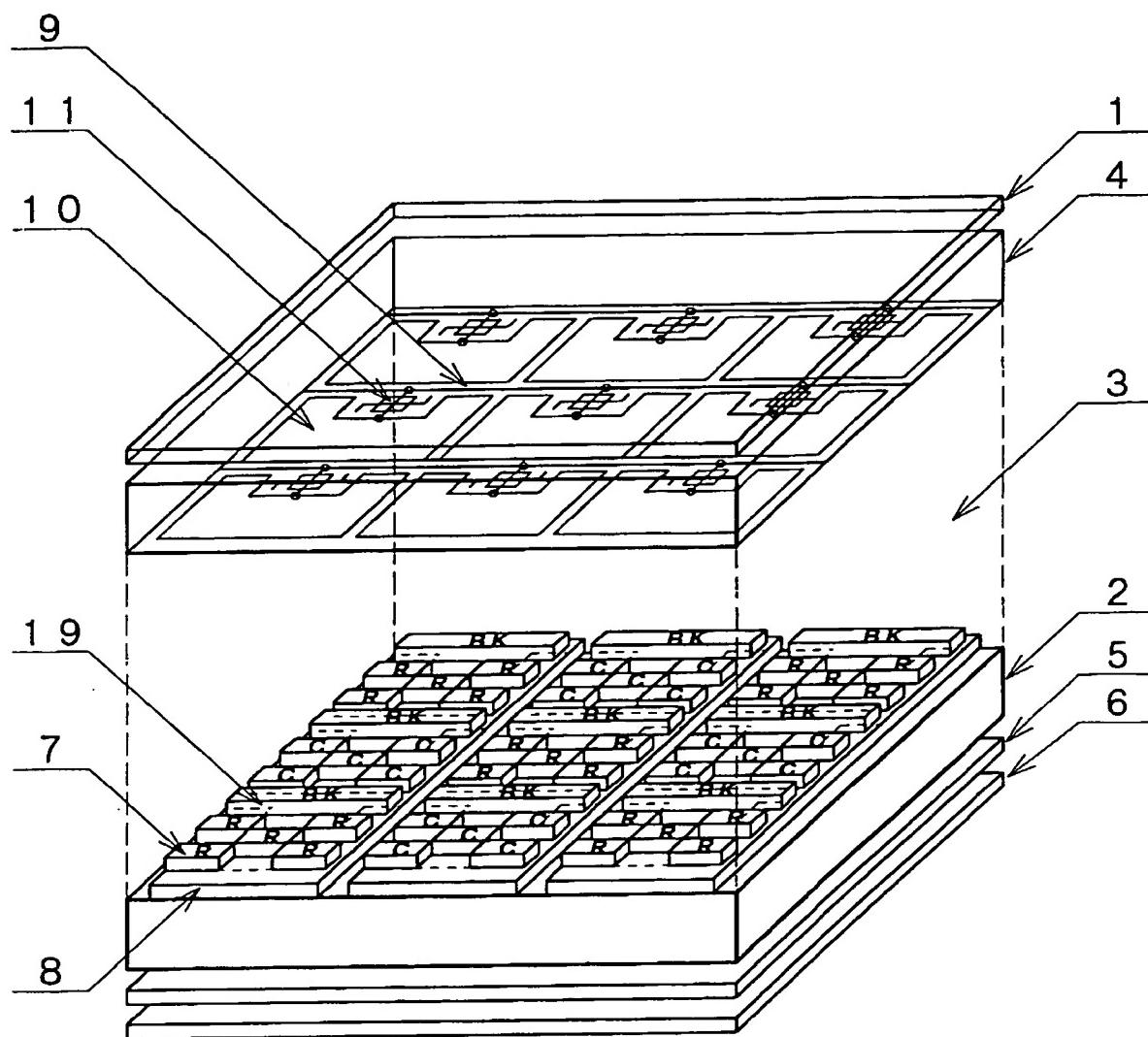
【図 5】



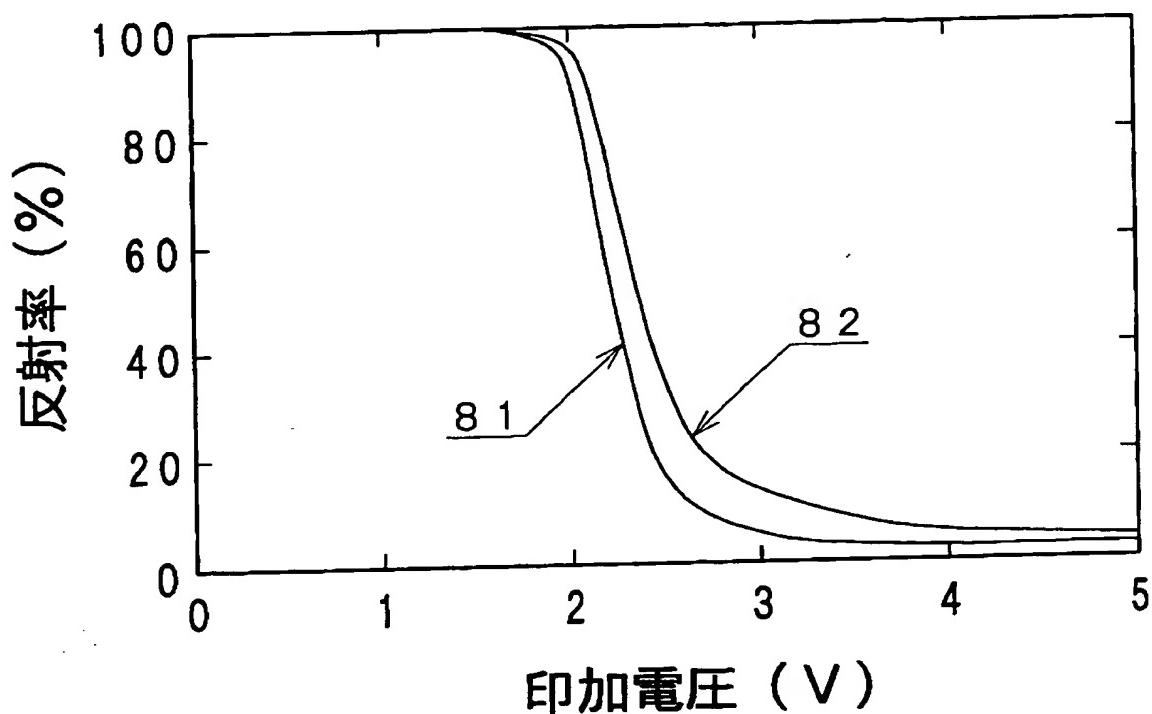
【図6】



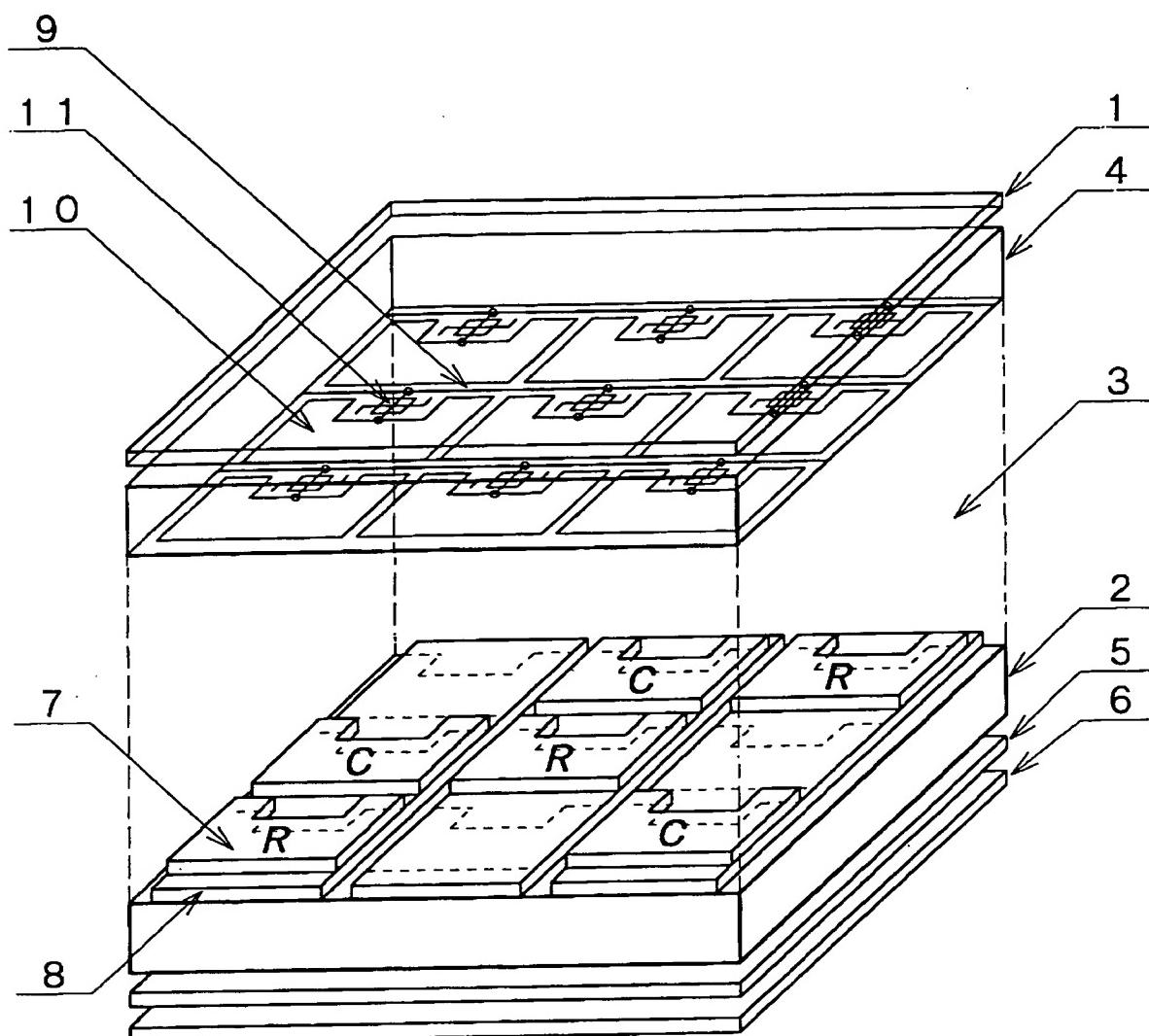
【図7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

(a)

W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C
W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C

(b)

W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C
W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C

(c)

W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C
W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C

(d)

W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C
W	C	R	W	C	R
C	R	W	C	R	W
R	W	C	R	W	C

【図 11】

(a)

W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W

(b)

W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W

(c)

W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W

(d)

W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W
W	C	W	C	W	C
R	W	R	W	R	W

【図 12】

(a)

W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W

(b)

W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W

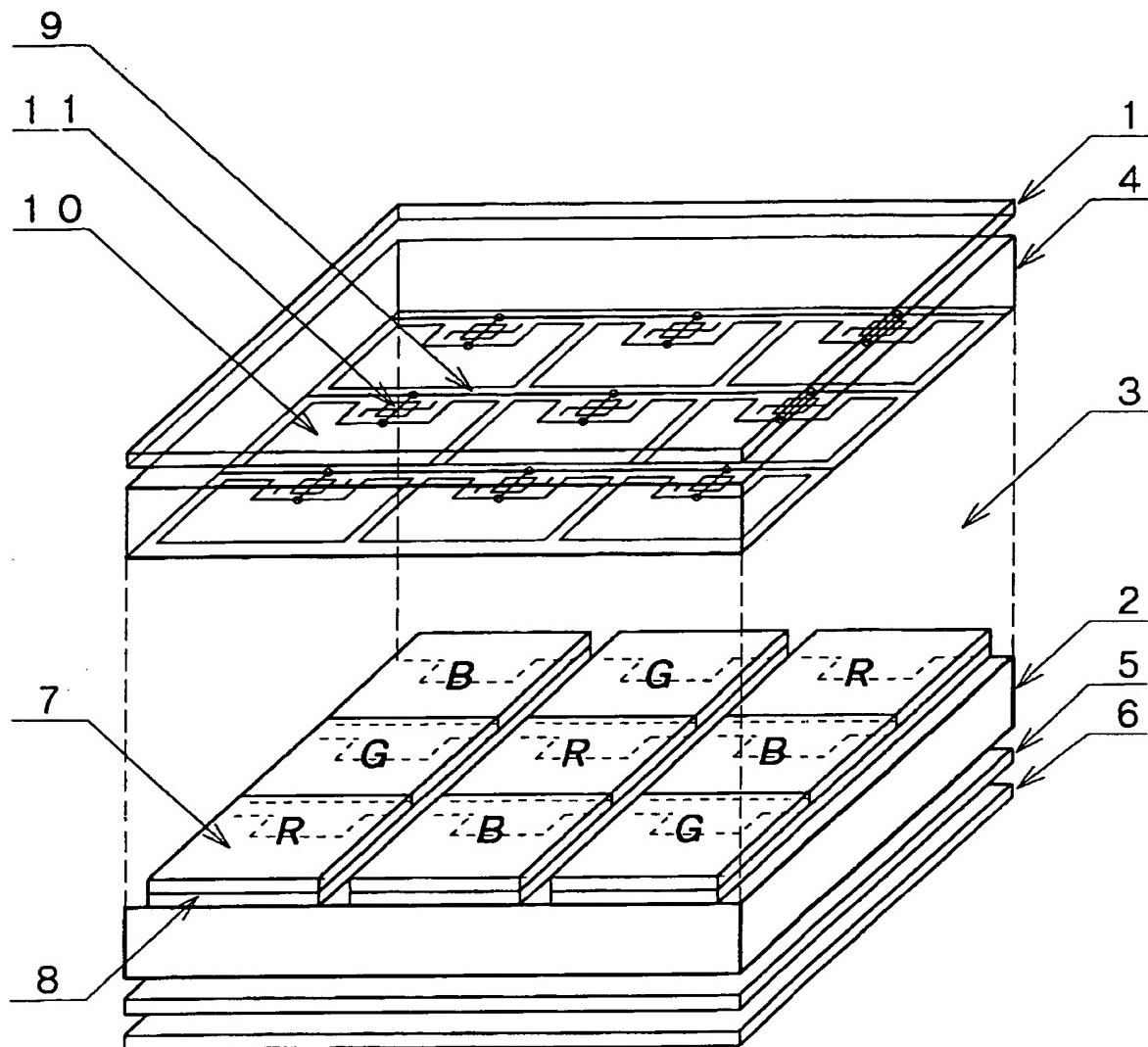
(c)

W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W

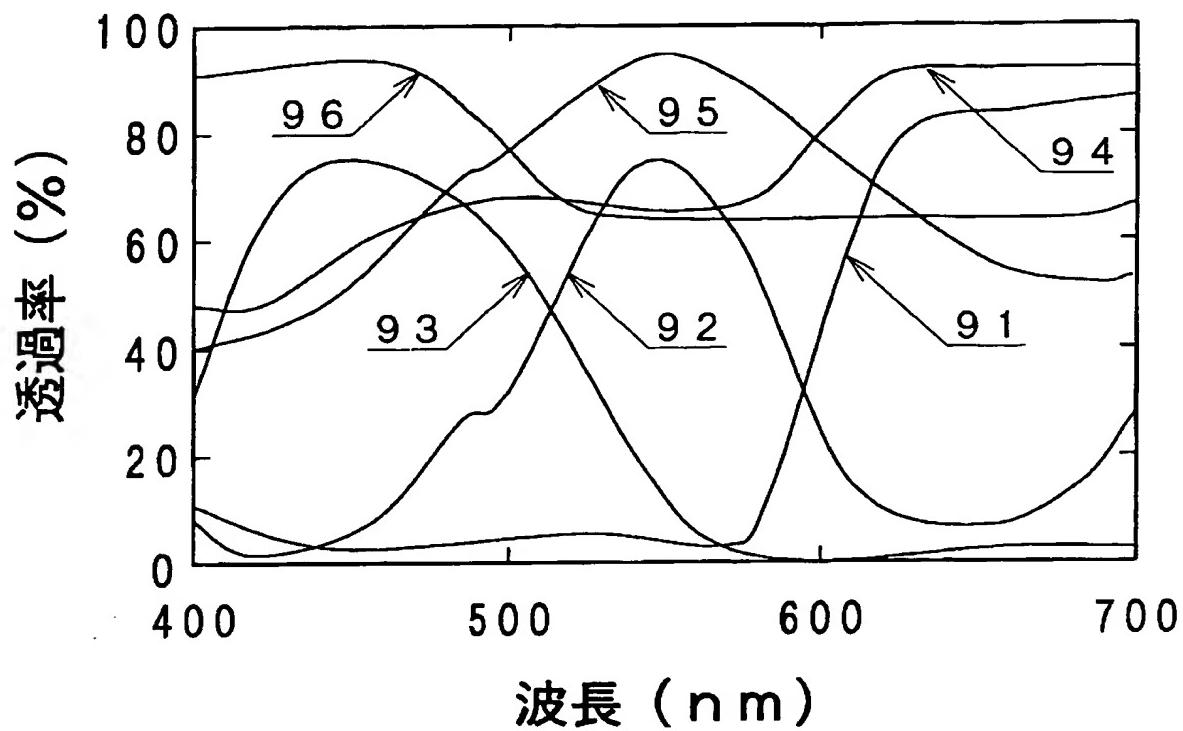
(d)

W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W
W	G	W	R	W	B
R	W	B	W	G	W

【図 13】

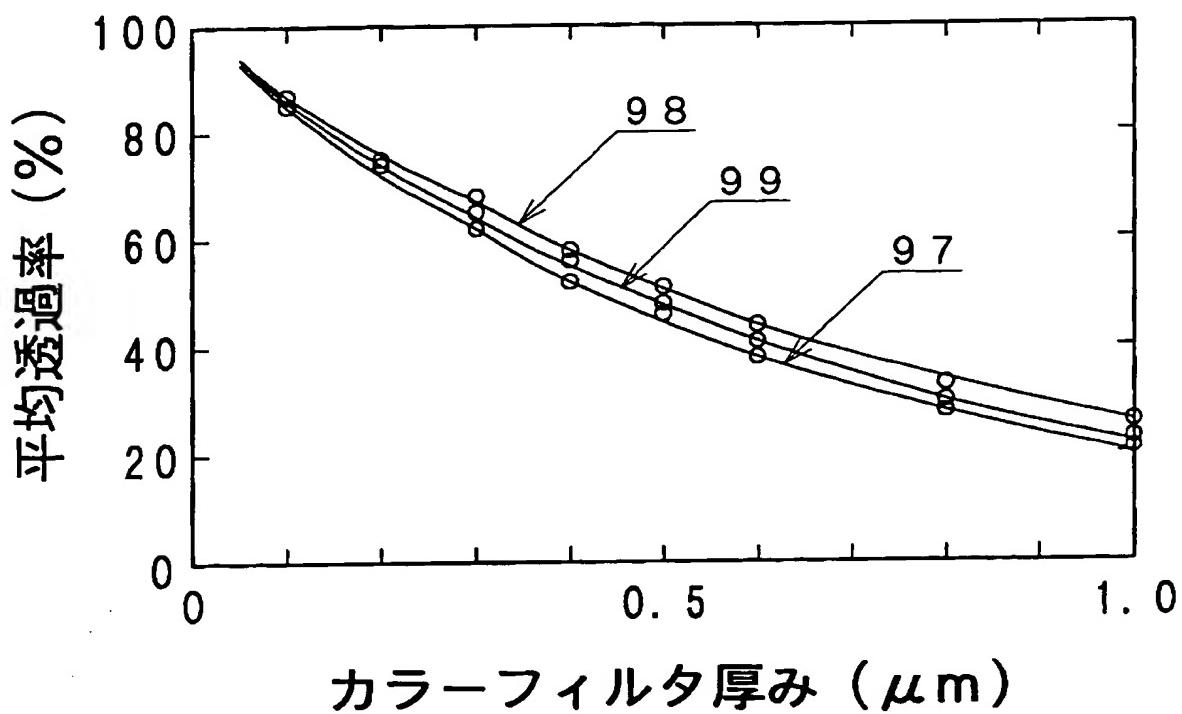


【図 14】

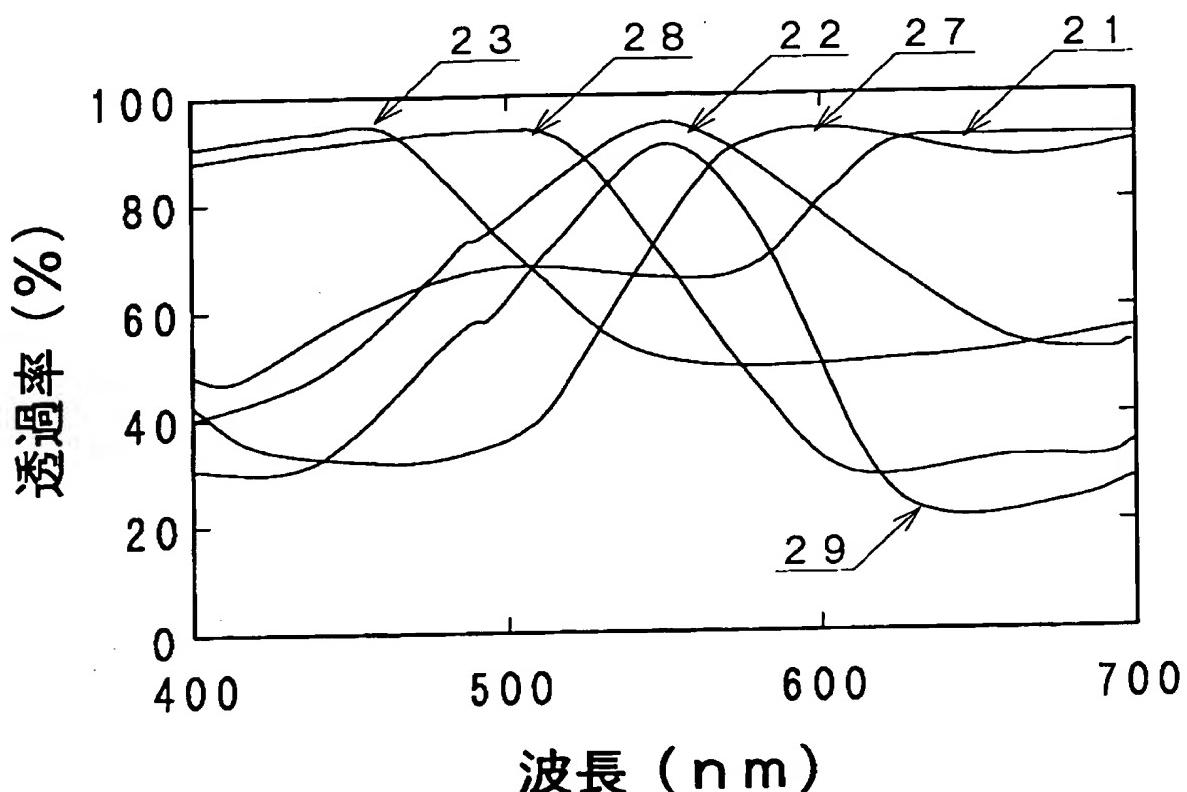


Z

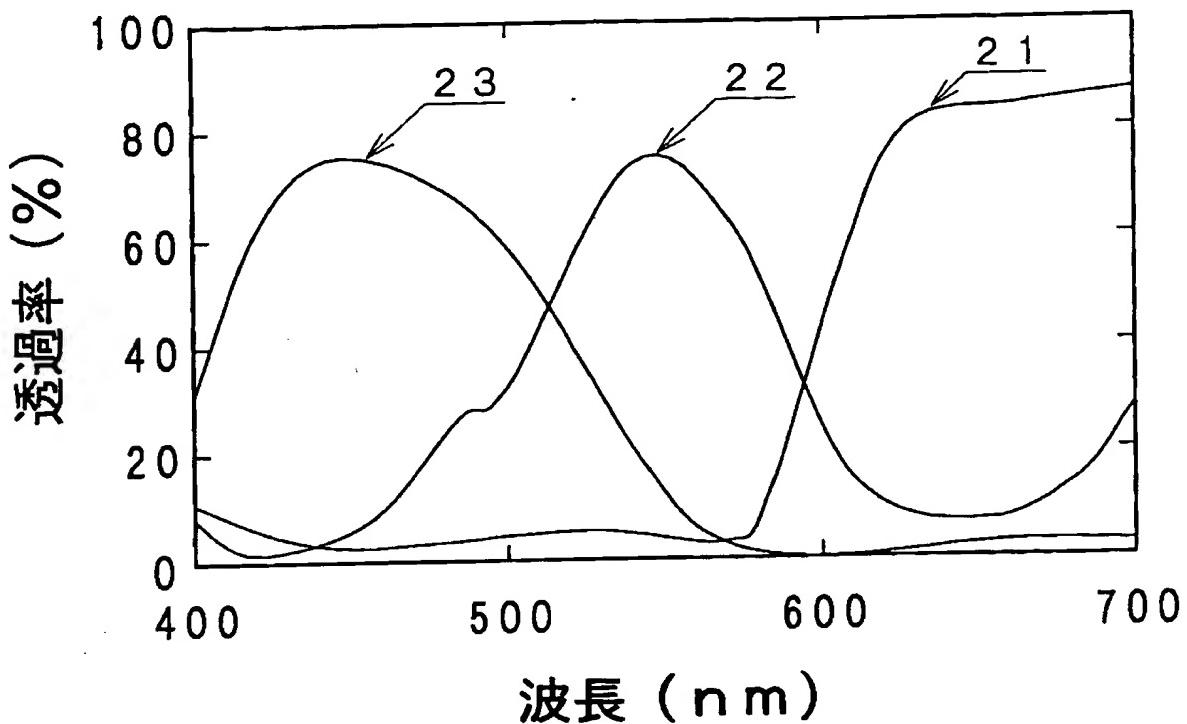
【図15】



【図 16】

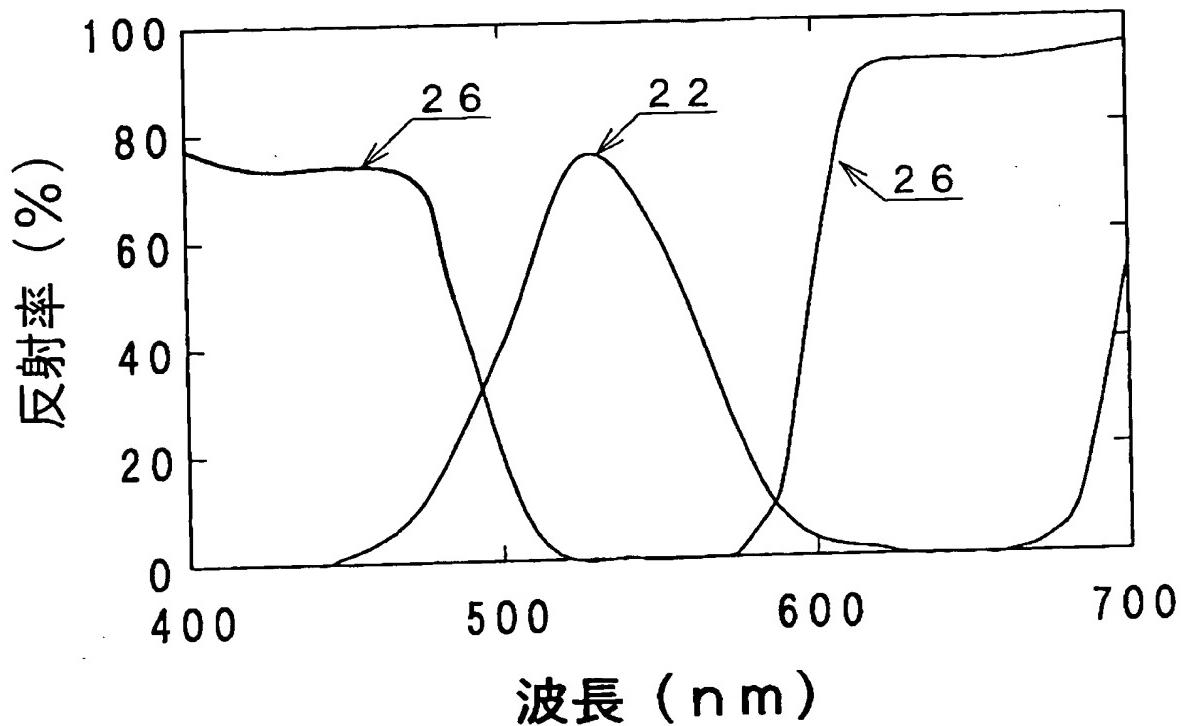


【図 17】



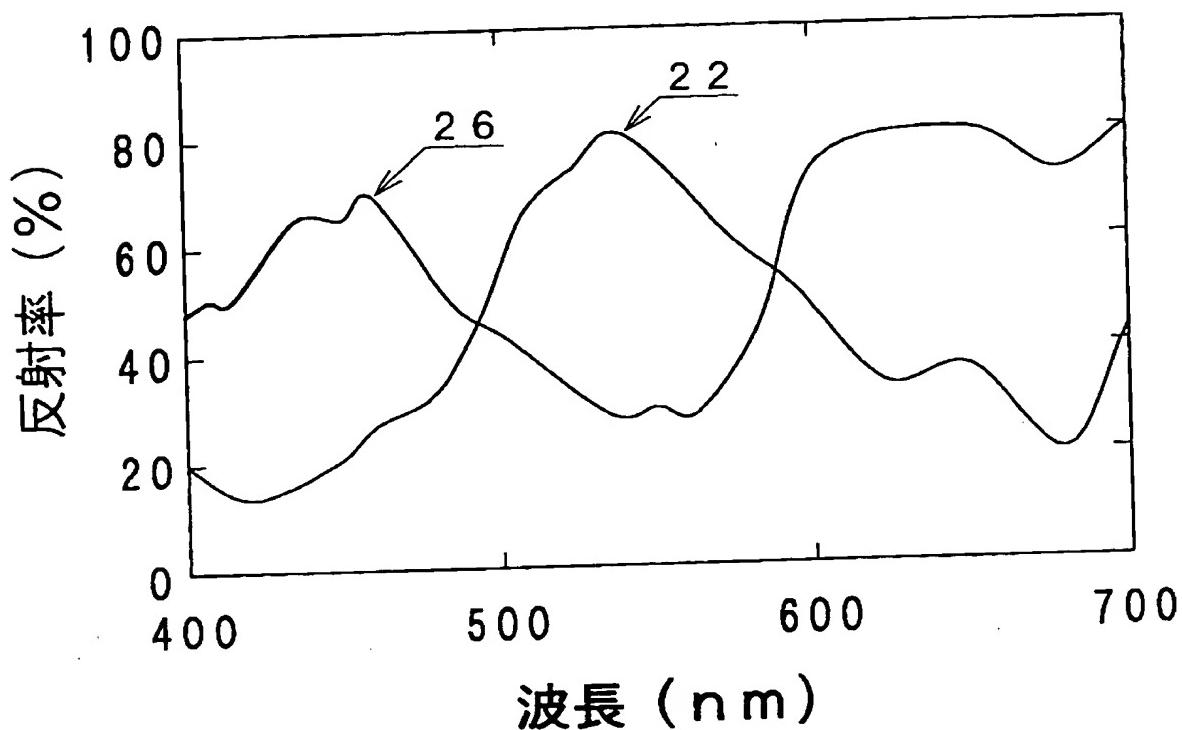
2

【図 18】



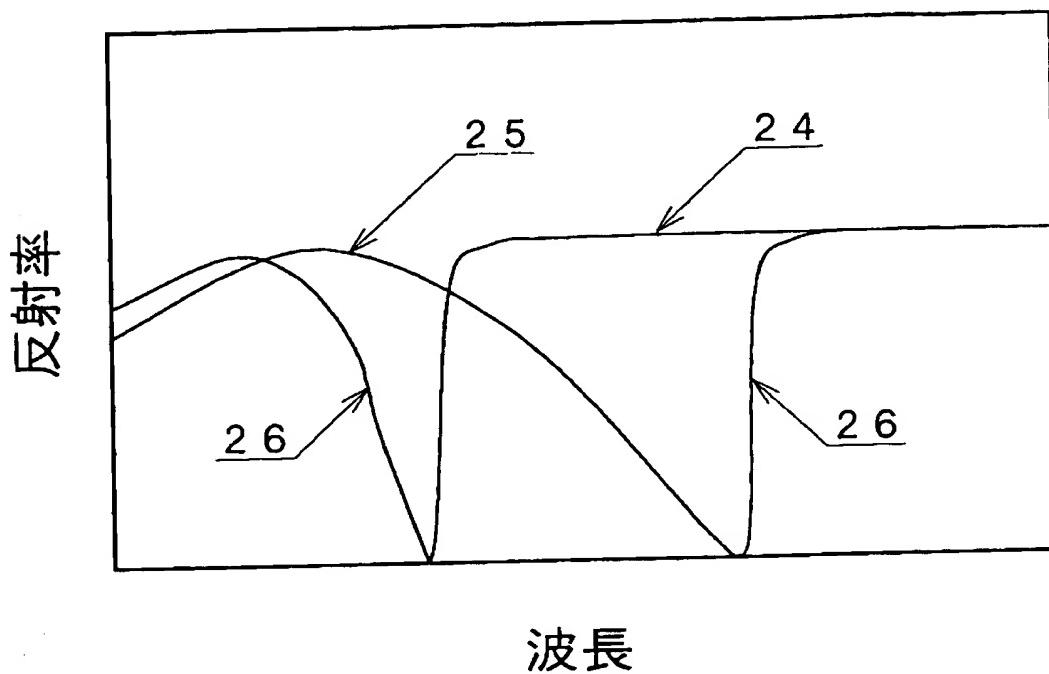
2

【図 19】



Z

【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 明るく、コントラストが高い反射型カラー液晶装置を提供する。

【構成】 TNモードの液晶をMIM素子やTFT素子を用いて駆動するカラー液晶パネルにおいて、そのカラーフィルタを通常の透過型パネルに用いられるものよりも、明るくすることで、反射でも明るい表示が得られる。明るいのカラーフィルタは、（1）画素内的一部にだけカラーフィルタを設ける方法、（2）薄く淡い色調のカラーフィルタを設ける方法、（3）より広い波長幅で光が透過するカラーフィルタを用いる方法がある。

MIMやTFTパネルの代わりに、白黒STNを単純マトリクス駆動したパネルを用いても、同様の効果がある。

【選択図】 図6